

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

ANNÉE 1929

THÈSE

N° 22

POUR

LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

Soutenue devant la Faculté de Médecine de Paris en 1929.

Par **Albert-Jean LECERF**

Né à Paris le 17 mai 1906

ESSAI SUR LE TRAVAIL

ET

L'ALIMENTATION DU CHEVAL DE TRAIT

JURY } *Président :* M. GOSSET.
 } *Assesseurs :* M. DECHAMBRE.
 M. ROBIN.

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

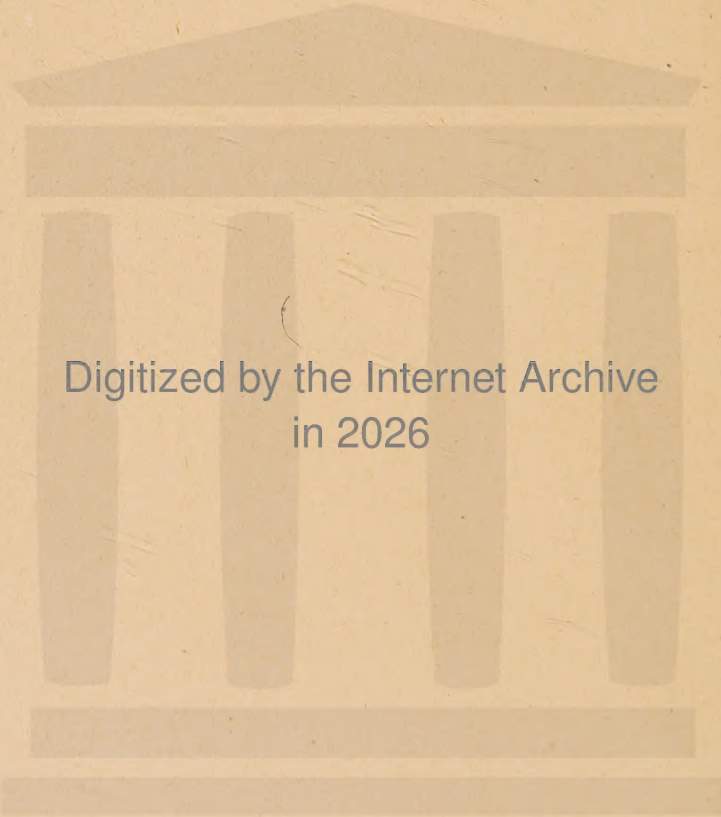
23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1929

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

ANNÉE 1929

THÈSE

N° 22

POUR

LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLÔME D'ÉTAT)

Soutenue devant la Faculté de Médecine de Paris en 1929.

Par **Albert-Jean LECERF**

Né à Paris le 17 mai 1906

ESSAI SUR LE TRAVAIL

ET

L'ALIMENTATION DU CHEVAL DE TRAIT

JURY { *Président :* M. GOSSET.
 { *Assesseurs :* M. DECHAMBRE.
 M. ROBIN.

PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1929

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

Directeurs honoraires : MM. P.-J. CADIOT et H. VALLÉE

Directeur : M. E. NICOLAS

Professeurs honoraires : MM. G. BARRIER, Inspecteur général honoraire
des Écoles vétérinaires, P.-J. CADIOT, A. RAILLIET, H. VALLEE

PROFESSEURS ET CHARGÉS DE COURS

	MM.
Anatomie descriptive des animaux domestiques.	BRESSOU
Physiologie, thérapeutique générale.	MAIGNON
Physique et chimie médicales, toxicologie, pharmacie	NICOLAS
Parasitologie et maladies parasitaires, clinique ; Zoologie	HENRY
Pathologie médicale des équidés et des carnassiers, clinique ; sémiologie et propédeutique ; jurisprudence	ROBIN
Pathologie chirurgicale des équidés et des carnassiers, clinique ; anatomie chirurgicale, médecine opératoire et ferrure	COQUOT
Pathologie bovine, ovine, caprine, porcine et aviaire, clinique ; médecine opératoire, obstétrique	MOUSSU
Pathologie générale et microbiologie, maladies microbiennes et police sanitaire, clinique	PANISSET
Histologie et embryologie, anatomie pathologique ; autopsies.	G. PETIT
Zootechnie et économie rurale	DECHAMBR
Agronomie, botanique et hygiène ; matière médicale	{ DECHAMBR & HENRY
Industrie et contrôle des produits d'origine animale	VERGE



AGRÉGÉS

MM. LESBOUYRIES, VERGE

CHEFS DE TRAVAUX

MM. DELMER
LESBOUYRIES

MM. MONVOISIN
R. MOUSSU

J. VERGE

La Faculté de Médecine et l'École Vétérinaire déclarent que les opinions
émises dans les dissertations qui leur sont présentées, doivent être consi-
dérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni
approbation, ni improbation.

A MON PÈRE

*Qui sul toujours me diriger et
me conseiller comme un ami, ma
profonde et sincère affection.*

A MA MÈRE

A MES FRÈRE ET SŒUR

ET A MON PETIT FILLEUL

A MES PARRAIN ET MARRAINE

A TOUS MES PARENTS ET AMIS

A M. le Professeur GOSSET
de la Faculté de Médecine de Paris.

*Qui a bien voulu accepter d'être
notre président de thèse, nos remer-
ciements et notre respectueuse
reconnaissance.*

A M. le Professeur DECHAMBRE
Professeur de Zootechnie à l'École Vétérinaire d'Alfort
et à l'École d'Agriculture de Grignon.

*Qui fut, pour nous, pendant nos
trois ans passés à son laboratoire,
un maître affectueux qui nous
prodigua toujours son enseigne-
ment et ses meilleurs conseils.*

A M. le Professeur ROBIN
Professeur de Pathologie médicale de Jurisprudence.

A M. le Professeur PANISSET

A TOUS NOS MAITRES DE L'ÉCOLE D'ALFORT

Notre respectueux souvenir.

ESSAI SUR LE TRAVAIL ET L'ALIMENTATION DU CHEVAL DE TRAIT

AVANT-PROPOS

Beaucoup d'études et de travaux ont déjà eu pour objet le travail et l'alimentation du cheval, surtout lorsqu'il y avait encore à Paris des écuries considérables, telles que celles des Omnibus.

Cependant, dans la plupart des cas, ces expériences effectuées étaient et sont restées des expériences de laboratoire; le cheval était mis au manège, procédé pratique pour calculer le travail fourni dans un temps connu, puis en donnant une ration déterminée, et si le cheval conservait son poids, la somme des dépenses d'énergie était égale à l'énergie absorbée et il était ainsi facile de connaître la part de la ration qui servait à l'entretien de l'animal et la part qui revenait au travail, puisque celui-ci était entièrement effectué au manège.

Mais il y a loin de ces expériences à la pratique et quand, à la Compagnie Générale des Voitures on appliqua les données expérimentales aux chevaux travaillant sur Paris, les résultats ne furent pas entièrement satisfaisants.

D'autre part, on peut se rendre compte qu'il y a une modification assez profonde dans la composition des rations; c'est que certaines découvertes scientifiques d'ordre physiologique et dynamique ont eu pour conséquence immé-

diater de faire mieux connaître le rôle des aliments dans la production en travail musculaire.

Alors qu'autrefois on attribuait à la protéine un rôle essentiel dans le travail musculaire, aujourd'hui le glucose et les sucres en général sont reconnus comme étant à la base de l'énergie musculaire et, par cela même, une modification sensible s'ensuivit dans la composition de la ration, les rapports entre la protéine et les sucres ayant varié.

D'autres recherches également d'ordre purement dynamique effectuées sur les démarrages, les coefficients de frottements, etc., ont apporté de nouveaux éléments et modifié certains facteurs qu'il était intéressant d'appliquer au travail du cheval.

Nous avons donc essayé de voir comment, en pratique, dans l'exploitation économique de la cavalerie, étaient appliquées ces données théoriques. Nous avons cherché à connaître le travail du cheval dans son exploitation courante et à comparer ce travail à l'alimentation reçue en ramenant ces termes : travail et nourriture, à une unité physique commune.

I — ALIMENTATION RATIONNELLE DU CHEVAL

« Il n'y a pas d'utilisation rationnelle du cheval sans une bonne alimentation ».

(DROUIN).

L'alimentation rationnelle du cheval a un gros intérêt économique et est un facteur qui peut intervenir efficacement dans la défense du cheval contre le moteur. Le cheval de trait fait vivre nombre d'industries et motive bien des cultures, ainsi que le fait ressortir *The Australian Saddler and Harness Maker* de 1927. Il y a donc un intérêt économique à ce que le cheval et par conséquent la traction hippomobile, sorte victorieux de la lutte qu'il soutient contre l'automobile.

La défense du cheval, dont on se préoccupe dans tous les pays, ainsi que le montre la brochure de M. T. O. Dea Munoy Bridge (Australie), a pour but principal de démontrer l'avantage de la traction hippomobile sur la traction automobile.

Il faut pour cela que le cheval revienne moins cher d'exploitation que le camion automobile; or, parmi tous les frais que nécessite l'exploitation du cheval, « il est indiscutable que l'alimentation tienne le rôle primordial dans le bilan d'une entreprise de traction hippomobile ».

Il est donc nécessaire, suivant les circonstances économiques, le prix plus ou moins élevé de certaines denrées

sur le marché, de pouvoir constituer une alimentation dont le prix de revient soit le plus avantageux possible.

Une alimentation, pour être économique, ne doit cependant pas moins répondre toujours aux conditions primordiales et nécessaires d'une bonne nourriture et doit également être en rapport avec le travail fourni par le cheval dans le service qu'il effectue.

L'alimentation rationnelle et économique qui se base en partie sur le principe des substitutions alimentaires, a donné lieu à des séries d'expériences et à des recherches minutieuses, surtout poursuivies à la Compagnie Générale des Voitures à Paris, par MM. Grandeau et Leclerc et à la Compagnie des Omnibus par Lavalard-Muntz et Girard.

L'alimentation rationnelle doit apporter les éléments nécessaires à l'entretien du cheval et fournir l'énergie que l'animal dépensera sous forme de travail.

Ce qui importe surtout pour apprécier la valeur de l'alimentation donnée au cheval, c'est le travail produit, la qualité de ce travail et la facilité avec laquelle le cheval a fourni l'effort nécessaire pour le réaliser; l'animal devra donc rester gai, avoir le poil luisant et ne pas suer au moindre effort exigé de lui.

En effet, quoique l'on ait affaire à des animaux que l'on doit faire travailler, à un capital que l'on exploite, il ne faut pas considérer uniquement le travail fourni, il faut également envisager l'état du moteur lui-même. Pour que l'animal reste d'une exploitation intéressante, il faut que l'alimentation qu'il reçoit lui permette, malgré le travail qu'il fournit, de rester en bon état de travail et de conserver son parfait état de santé, ce que l'on peut apprécier facilement par la constance du poids de l'animal, ou dans le cas contraire, par les variations plus ou moins accentuées de ce poids.

Lorsqu'on a modifié la nourriture, soit en changeant les

rapports existant entre les substances qui composaient l'alimentation, soit en remplaçant certaines de ces substances, et que le cheval maigrit alors qu'il fournit toujours le même travail, il est évident que cette alimentation, pour si bonne qu'elle puisse paraître, n'est plus rationnelle et devra être modifiée en conséquence.

De même, si l'animal augmente exagérément de poids, il faudra modifier l'alimentation, l'accumulation de graisse étant nuisible à l'utilisation des animaux employés comme moteurs.

Pour qu'une alimentation soit rationnelle, il ne faudra pas que l'on constate dans l'exploitation une augmentation de la mortalité due à des accidents d'ordre digestif ou une plus grande fréquence des fractures, de par l'emploi de certaines substances telles que les drêches de distillerie qui ont une acidité trop forte et une action déminéralisante sur le squelette, ni l'apparition de phénomènes paralytiques, ce qui s'est vu en 1919 sur des chevaux de l'armée, alors que leur ration se composait en partie de gesse cultivée, ainsi que le relate M. Drouin dans le rapport sur l'alimentation rationnelle présenté au Congrès de l'Utilisation rationnelle du cheval.

En résumé, pour réaliser une alimentation rationnelle et économique, il faut rechercher des aliments qui, rendus au lieu de consommation, peuvent fournir l'unité nutritive au meilleur compte, puis associer ces aliments de façon à ce que la ration constituée soit bien équilibrée et réponde aux qualités exigées pour la parfaite alimentation du cheval.

La ration donnée devra correspondre le plus exactement possible aux besoins qu'exige l'organisme.

L'alimentation ainsi conçue, conduit non seulement au bon entretien de la cavalerie et à la conservation du capital que celle-ci représente, mais aussi à une diminution des frais généraux de l'entreprise et des prix de revient des transports.

La ration. — Le rationnement.

DÉFINITION. — La ration est la quantité d'aliments ingérés par jour par un animal.

La ration apporte chaque jour l'énergie nécessaire au cheval pour subvenir à ses besoins, d'une part, et pour la production du travail, d'autre part. Cette énergie est à l'état potentiel dans la ration et dépend directement de la valeur énergétique des différents aliments qui la composent.

Il se dégage de suite qu'une partie de la ration sert à la « vie » de l'animal et que l'autre partie est transformée en travail (dans le cas de cheval de trait).

Il y a donc lieu d'examiner :

1^o La ration d'entretien.

2^o La ration de travail.

Avant d'examiner ces différentes parties de la ration, voyons comment nous calculerons l'énergie que la ration renferme et qu'elle peut céder au cheval (coefficient de productivité).

L'on sait que la combustion de :

1 gramme de protide dégage de 4,01 à 4,86 calories.

En moyenne, nous prendrons 4,1 calories.

1 gramme de graisse ou lipide dégage 9,42 calories.

1 gramme de glucides ou hydrate de carbone, dégage 4,1 calories.

Si P représente la quantité de protides exprimée en grammes contenue dans la ration, L la quantité de lipides et G la quantité de glucides, la valeur énergétique de la ration nous est donnée par la formule générale :

$$E = P \times 4,1 + L \times 9,4 + G \times 4,1, \text{ soit pratiquement :} \\ = (P + L (2,2) + G) 4,1,$$

E s'exprimant en calories.

Il est donc nécessaire de connaître l'analyse qualitative et quantitative des principaux aliments utilisés pour la nourriture du cheval.

Nous allons donner cette analyse d'après les tables de Mallèvre ainsi que la valeur énergétique d'un kilogramme de chacun d'eux.

ANALYSE DES DIFFÉRENTS ALIMENTS

Leur valeur énergétique.

100 parties d'aliments renferment en principes digestibles :

	Pro- téine Protides	Matière grasse Lipides	Extraits non azotés Glucides	Cellulose
Foin de luzerne. . .	11,7	1,2	20,7	12,9
Paille de blé	0,2	0,4	13,3	20,4
Paille d'avoine . . .	1,3	0,5	16,5	20,9
Avoine.	8	4	44,8	2,6
Orge.	6,6	1,9	62,4	1,3
Son de froment. . .	11,3	3	37,1	2,6
Mélasse.	4,6		52	8,2
Foin.	5,4	1	25,7	15

La combustion de :

1 kgr. d'avoine dégage (80+40 (×2,2) + 448+ 26) 4,1 = 2 026 calories
1 kgr. d'orge — (66+19 (×2,2) + 624+ 13) 4,1 = 3.053,6 —
1 kgr. de son — (113+30 (×2,2) + 371+ 26) 4,1 = 2.361,6 —
1 kgr. de luzerne — (117+12 (×2,2) + 207+129) 4,1 = 1.965,5 —
1 kgr. de foin — (54+10 (×2,2) + 257+150) 4,1 = 1.980,3 —
1 kgr. de paille d'avoine

dégage.	(13+ 5 (×2,2) + 165+209) 4,1 = 1.631,8	—
1 kgr. de paille de blé		
dégage.	(2+ 4 (×2,2) + 133+204) 4,1 = 1.425,9	—
1 kgr. de mélasse dégage	(46 + 520 + 82) 4,1 = 2.656,8	—

Le coefficient de productivité.

Le coefficient nutritif est la mesure de la partie de l'aliment utilisée, défalcation faite de l'énergie nécessaire pour la digestion et l'assimilation.

Soit un aliment, dont la valeur énergétique calculée d'après l'analyse qualitative et quantitative, est N calories pour extraire et assimiler ces N calories, l'organisme devra dépenser « n » calories, et il n'y aura que « N-n » calories disponibles.

Le coefficient nutritif est le rapport $\frac{N-n}{N}$.

Certains aliments, très riches en cellulose brute, ont de ce fait un coefficient de productivité négatif.

Exemples :

COEFFICIENT NUTRITIF par rapport à l'amidon d'après Kellner.

Foin	0,70 environ
Foin de luzerne	0,63 —
Avoine	0,96-0,93
Orge	0,97
Son de froment.	0,80
Mélasse.	0,87

Nous prendrons, pour nos calculs :

Pour le foin de pré et le foin de luzerne . .	0,70
Pour l'avoine	0,95
Pour l'orge.	0,97

Pour le son de froment	0,80
Pour la mélasse	0,87

BASE PHYSIOLOGIQUE DU RATIONNEMENT

Pour satisfaire aux exigences de l'organisme, la ration doit contenir :

1^o Des matières protéiques en quantité suffisante pour compenser la déperdition constante d'azote, c'est-à-dire pour assurer la réparation des tissus et l'entretien de l'animal.

Cette quantité d'azote nécessaire ne varie guère, que l'on passe de l'état de repos à l'état de travail, à moins que le sujet ne fournisse un effort anormal.

2^o Des matières hydro-carbonées en quantité essentiellement variable suivant le travail fourni, les hydrates de carbone étant à l'origine de la production de l'énergie musculaire.

3^o Des matières grasses qui peuvent être en quantité assez restreinte chez le cheval de travail.

4^o Des matières minérales pour assurer le métabolisme des tissus vivants et plus particulièrement pour l'entretien du squelette.

5^o Des vitamines.

RATION D'ENTRETIEN. RATION D'ÉQUILIBRE.

La ration d'équilibre est la quantité d'aliments ingérés, nécessaire pour entretenir les fonctions vitales de l'animal.

« La Ration d'Equilibre est la somme des principes assimilés nécessaires pour l'accomplissement des fonctions vitales, le corps restant en équilibre de poids, sans production apparente ou interne. »

On devra donc déduire des principes digestibles ceux

utilisés par le travail de digestion et d'assimilation» (Lagail-
larde, *Thèse de Doctorat vétérinaire*).

Cette définition est très étroite et nous considérerons que
« la Ration d'entretien est la quantité d'aliments qu'un
animal devra ingérer pour subvenir aux besoins de son
organisme, abstraction faite de tout travail, quel qu'il soit ».

VALEUR, COMPOSITION DE LA RATION D'ENTRETIEN

Pour Muntz, après différentes expériences effectuées sur
des chevaux, la ration d'entretien égale les $\frac{5}{12}$ de la ra-
tion totale ou ration de travail et serait composée de la
façon suivante, quant aux principes immédiats :

Graisse.	228 gr. 8
Amidon et analogues.	2.568 gr. 6
Substances indéterminées.	1.159 gr. 2
Cellulose brute	1.517 gr. 9
Protéine	628 gr. 9

Pour des chevaux de 500 à 530 kilogrammes.

Pour Crevat, le simple entretien d'un animal de 500 kilo-
grammes nécessite, dans le cas de bovins :

Sucre.	4 kgr. 500
Protéine	0 kgr. 285
Graisse	0 kgr. 090

D'après M. Dechambre, la ration d'entretien pour un
cheval de 500 kilogrammes doit être composée de la façon
suivante :

Protides	300 grammes
Lipides.	90 —
Glucides	4.500 —

L'entretien d'un animal de 500 kilogrammes nécessite donc, en calories : $(300 + 90 \times 2.2 + 4.500) 4,1 = 20.491$, soit 20.500 calories.

VALEUR DE LA RATION D'ENTRETIEN EN FONCTION DU POIDS DE L'ANIMAL.

Il est bien évident qu'un gros cheval doit consommer plus qu'un petit pour subvenir à ses besoins. Cependant, la ration d'entretien « R » ne varie pas en fonction directe du poids « P » ; c'est ainsi qu'un cheval de 800 kilogrammes ne consommera pas le double d'un cheval de 400 kilogrammes.

Les dépenses de l'animal au repos se font surtout par une déperdition de chaleur, le cheval devant maintenir sa température aux environs de 37°5, alors qu'il se trouve dans un milieu de température notablement inférieur ; donc, les dépenses de l'animal au repos, sont proportionnelles à la surface corporelle de l'animal. Les besoins de l'animal variant avec une surface, varient en fonction du carré d'un élément linéaire.

Nous pouvons prendre comme élément linéaire $\sqrt[3]{P}$.

« P » étant une expression de 3^e puissance,

donc la ration « R » varie en fonction de $(\sqrt[3]{P})^2$.

ce qui peut s'exprimer par : $R = K (\sqrt[3]{P})^2$ ou $R = K \sqrt[3]{P^2}$

Nous pourrions donc écrire :

$$\frac{R}{R'} = \frac{\sqrt[3]{P^2}}{\sqrt[3]{P'^2}}$$

$$\text{d'où } R = \dots \dots R' \times \frac{\sqrt[3]{P^2}}{\sqrt[3]{P'^2}}$$

$$\text{d'où } K = \frac{R'}{\sqrt[3]{P'^2}}$$

Si l'on prend $P' = 500$ kilogrammes dans ce cas nous connaissons $R' = 20.500$, nous tirons donc de suite :

$$K = \frac{20.500}{\sqrt[3]{500^2}}$$

Exemple : soit à calculer le besoin en protides d'un cheval de 600 kilogrammes.

Nous savons qu'il faut 300 grammes de protides pour un cheval de 500 kilogrammes. Pour un cheval de 600 kilogrammes il faudra :

$$x = \frac{300 \times \sqrt[3]{600^2}}{\sqrt[3]{500^2}} = \text{grammes de protides.}$$

Pour calculer $\sqrt[3]{600^2}$ et $\sqrt[3]{500^2}$, expressions assez complexes, nous passerons par les logarithmes, qui nous permettent d'écrire :

$$\text{Log. } \sqrt[3]{600^2} = \frac{2 \log. 600}{3}$$

$$\text{Log. } 600 = 2,77815$$

$$\text{Log. } \sqrt[3]{600^2} = \frac{2 \times 2,77815}{3} = 1,85210.$$

Ce qui nous donne, en remontant à l'anti-logarithme :

$$\sqrt[3]{600^2} = 71,4.$$

$$\text{De même } \log. \sqrt[3]{500^2} = \frac{2 \times 2,69897}{3} = 1,79930.$$

$$\text{et } \sqrt[3]{500^2} = 63.$$

Nous calculerons donc facilement :

$$x = \frac{300 \times 71,4}{63} = 340 \text{ grammes de protéines.}$$

On peut, de même, calculer directement quelle doit être

la valeur, exprimée en calories, de la ration d'entretien d'un cheval de 600 kilogrammes.

$$R = \frac{20.500 \times \sqrt[3]{600^2}}{\sqrt{500^2}} = \frac{20.500 \times 71,4}{63} = 23.150 \text{ calories.}$$

Il est donc facile de calculer les rations d'entretien dans tous les cas.

RATION DE TRAVAIL

Ration de production. — C'est la quantité d'aliments ajoutée à la ration d'entretien d'un animal et qui doit fournir l'énergie nécessaire à l'animal pour que celui-ci effectue le travail qu'on lui demande.

La ration de travail. ration que l'on donne à un animal qui fournit un effort, se compose donc de la ration d'entretien et de la ration de production.

Variations de la ration de travail. — Dans la ration de travail il est une partie fixe : la ration d'entretien.

Au contraire, la ration de production est essentiellement variable suivant la quantité de travail que l'on exige et aussi suivant l'allure à laquelle doit s'effectuer le travail.

Il est évident qu'un cheval qui produira 1.000.000 de kgm. au pas, aura besoin d'une ration de production moindre qu'un cheval produisant le même travail au trot, toutes conditions égales d'autre part, cette différence correspond à ce que Baron a appelé la ration de surexcitation fonctionnelle.

C'est ainsi que la production de 1.000 kgm. nécessite :

Pour de Gasparin.	0 gr. 525	de protéine, au pas.
— Moreau-Chaslon	1 gr. 543	— au trot.
— Mangon Hervé.	0 gr. 544	— au pas.
— —	1 gr. 200	— au trot.
— Baillet	0 gr. 538	— au pas.
— —	1 gr. 372	— au trot.

Qualités de la ration. — La ration doit répondre à des qualités d'ordres différents :

1^o QUALITÉS HYGIÉNIQUES. — *Pureté des aliments*, qui ne doivent porter atteinte en aucune façon à la santé des animaux.

Sapidité des aliments afin que leur utilisation soit plus complète et l'appétit augmenté.

Variété dans le régime si l'on veut réaliser une alimentation complète, et fournir à l'organisme tous les éléments nécessaires.

2^o QUALITÉS NUTRITIVES. — « Pour faire produire à un cheval donné, sans qu'il dépérisse, une certaine somme de travail, il faut que sa ration contienne un poids donné de protéine ».

« Il faut que la protéine, les matières non azotées (sucre, graisse, etc...) et enfin la cellulose, soient dans un certain rapport (*Cheval d'artillerie*, p. 212).

Relation nutritive. — Elle s'exprime par le rapport entre les matières azotées contenues dans la ration et les matières non azotées, soit :

$$\frac{\text{Matière albuminoïde.}}{(\text{Graisse} \times 2,2) + \text{H. C} + \text{Cellulose.}}$$

Ce rapport, dans le cas des chevaux moteurs, doit se rapprocher de $\frac{1}{7}$ pour les chevaux de gros trait et doit se rapprocher de $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{6}$ pour les chevaux de vitesse, en raison de l'usure musculaire et organique intense qu'impose cette vitesse.

Pour Kellner le rapport doit être voisin de $1/8$ pour les moteurs.

Rapport adipo-protéique. — La présence de graisse (Lipi-

des) dans la ration a une grosse importance sur l'assimilation des matières albuminoïdes.

Ces deux principes : Lipides et Protéides, doivent être dans un certain rapport $\frac{A}{P}$, rapport adipo-protéique, si l'on veut que l'assimilation de la ration se fasse dans les meilleures conditions possibles.

Ce rapport $\frac{A}{P}$ doit osciller autour de $\frac{1}{3}$; on peut, à la rigueur, supporter $\frac{1}{5}$.

Volume de la ration pour le cheval. — Il est nécessaire que la ration occupe un certain volume, si l'on veut obtenir un bon fonctionnement des organes digestifs qui, pour cela, doivent être légèrement distendus.

Le poids de l'alimentation de lest s'exprime en kilogrammes par la formule suivante :

$p = 1,5 C^2$ ou C est le périmètre thoracique, en mètres.

Pour les chevaux de grès trait, on pourra adopter la formule $p = 1,7 C^2$, alors que les chevaux fins, les chevaux de vitesse ne devront recevoir qu'une ration de lest seulement égale à $1,2 C^2$. On peut admettre $p = \frac{1}{100}$ du poids du cheval, pour les chevaux moyens (500 kg.).

L'aliment de lest, dans une ration, est représenté par la paille, le fourrage ; le complément de ration sera composé par des grains ou des aliments concentrés.

II. — LE TRAVAIL. — DÉFINITION DU TRAVAIL

Travail automoteur.

Afin de pouvoir assurer la production du travail utile qui leur est demandé, les moteurs sont obligés à une dépense d'énergie destinée à leur propre transport; cette dépense a reçu le nom de TRAVAIL AUTOMOTEUR.

Travail automoteur. — Travail de transport afférent au moteur lui-même.

Cette dépense d'énergie est due :

- 1° Aux frottements internes de la machine animale.
- 2° A la force perdue lors des chocs des membres sur le sol.
- 3° A la force employée pour déplacer le centre de gravité.
- 4° A l'excitation fonctionnelle.

(*Chevaux et voiture d'artillerie*, p. 46).

Dans le cas spécial d'animaux travaillant à grande allure il faudrait même tenir compte de la résistance de l'air, résistance qui varie avec le carré de la vitesse.

Poncelet représente cette résistance par la formule :

$$R = 0,02 V^2 \text{ cheval libre.}$$

$$R = 0,03 V^2 \text{ cheval monté.}$$

Soit un cheval de course parcourant 16 mètres à la seconde (course de galop à plat).

$$R = (16^2) \times 0,03 = 7 \text{ kgm. 68.}$$

Le travail = $7,68 \times 16 = 123 \text{ kgm. à la seconde.}$

Si l'on considère un cheval trottant à la vitesse de 3 mètres à la seconde : $R = 0,03 \times 9 = 0,27 \text{ kgm.}$

$T = 3 \times 0,27 = 0,81$ kgm., donc insignifiant.

On peut donc dire que le travail automoteur varie :

1^o Avec la vitesse.

Si la vitesse augmente, l'effort automoteur croît :

Parce que les foulées sont plus longues;

Parce que les frottements internes sont plus considérables;

Parce que les chocs des membres sur le sol sont plus violents et plus nombreux dans l'unité de temps.

Parce que l'allure étant sautée, les déplacements du centre de gravité sont plus grands et plus fréquents dans cette unité de temps.

2^o Avec le poids du sujet, les gros dépensent plus que les petits. L'exploitation des chevaux lourds qui rend ceux-ci propres aux gros travaux, est donc coûteuse. Le format des gros tractionneurs ne peut pas, économiquement être indéfiniment augmenté.

3^o Avec les proportions du sujet. — Les proportions du sujet influençant la position du centre de gravité et, par suite, les déplacements de celui-ci au cours des allures.

D'après ses expériences, Sanson a ainsi estimé le travail automoteur A qu'il exprime dans les formules suivantes :

$$A = \frac{5}{100} P \quad \text{au pas.}$$

$$A^1 = \frac{10}{100} P \quad \text{au trot.}$$

Ces formules donnent, en kgm., le travail automoteur par unité d'espace, le poids étant exprimé en kg.

Si l'on considère la ration donnée au cheval qu'elle est dans celle-ci à la partie qui se transforme en travail automoteur :

Pour Leclère (Compagnie Générale des Voitures):

Strict entretien	66,60 %
Travail Automoteur	6,7 %
» Utile	26 %

Pour Muntz (des Omnibus) :

Entretien	41,7 %
Travail Automoteur	33,5 %
» Utile	25 %

Pour Baron :

Travail utile	25 / 27 %
Consommation onéreuse	75 / 73 %

On voit que les chiffres, pour le travail utile, concordent dans les trois cas.

Cependant, les chiffres sont assez peu comparables dans les deux premiers cas; quant au travail automoteur et à l'entretien, il est, en effet, difficile de bien séparer la dépense qui revient à l'entretien de celle occasionnée par le travail automoteur et l'excitation fonctionnelle.

On pourra donc considérer que le travail automoteur est donné par les formules suivantes, calculées par Sanson :

$$\begin{array}{llll}
 \text{A la vitesse de 1 m.-1 m.50 par seconde} & A = \frac{5}{100} \times P & \text{par m.} \\
 \text{— 2 m.-3 m. —} & = \frac{10}{100} \times P & \text{—} \\
 \text{— 3 m.-4 m. —} & = \frac{15}{100} \times P & \text{—}
 \end{array}$$

Le démarrage.

DÉMARRER une voiture, cela consiste, la voiture étant arrêtée, à la déplacer et à lui transmettre une certaine vitesse,

Il faudra donc vaincre les frottements inhérents à la voiture et à son roulement sur le sol, d'une part, et déployer une force supplémentaire qui accélérera le véhicule jusqu'à une certaine vitesse donnée d'autre part.

L'effort à faire doit triompher, en résumé :

1^o De la résistance au roulement.

2^o De l'inertie de la voiture, laquelle dépend uniquement de sa masse.

L'accélération est la mesure de la grandeur d'une force agissant sur une masse libre ou libérée artificiellement de toutes les résistances passives. Le cheval devra donc « mobiliser » la voiture et ensuite l'entraîner et l'accélérer.

Le travail nécessaire pour un « démarrage » sera donc la somme d'un certain « effort mobilisateur » et d'un certain « effort positivement moteur », multipliée par le chemin le long duquel se fait le démarrage.

Le travail nécessaire pour vaincre les résistances passives sur le chemin du démarrage est donné par la formule :

$T = P \times c \times S$ (ainsi que nous l'expliquons plus loin, p. 33).

Si nous appelons F la force que le cheval déploiera, qui servira à donner au véhicule sa vitesse finale V , nous pouvons écrire :

$F = m \gamma$, γ étant l'accélération et « m » la « masse » de la voiture.

Nous avons affaire, dans ce cas, à un mouvement que nous considérerons comme un mouvement uniformément accéléré, dont nous pouvons poser de suite les formules :

$$S = \frac{1}{2} \gamma t^2 \quad V = \gamma t.$$

où S est l'espace,

γ l'accélération,

V la vitesse en mètres à la seconde et « t » le temps en secondes.

D'où nous tirons de suite, si nous prenons $m = \frac{P}{g}$

$$\gamma = \frac{V}{t} \quad F = \frac{P}{9,81} \times \frac{V}{t} \quad (g = 9,81 = \text{attrac-}$$

tion de la terre), et T (travail nécessaire pour l'accélération)

$$= \frac{P}{9,81} \times \frac{V}{t} \times S.$$

On voit de suite l'inconvénient de cette formule, dont l'emploi nécessite la mesure du temps et de l'espace nécessaires au démarrage, mesure qu'il est pratiquement impossible de réaliser.

Nous éviterons ces mesures en appliquant le principe de la force vive.

Définition de la force vive. — On appelle force vive d'un point matériel, le produit de sa masse par le carré de sa vitesse.

La force vive d'un système de points, un corps solide, par exemple, est, par définition, égale à la somme des forces vives des différents points qui la composent.

Si l'on considère un système matériel en mouvement et possédant une certaine force vive, si celle-ci varie, c'est que la vitesse varie elle-même; donc, le système possède une accélération « γ » et, par suite, est soumis à une force $F = m \gamma$ qui travaille.

Il existe une relation entre la variation de la force vive d'un système matériel et les travaux des forces qui sont appliquées aux divers points de ce système.

« La demi-variation de la force vive d'un système matériel pendant un certain temps, est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces appliquées au système pendant ce même temps ».

Soit : V et V' les vitesses d'un système matériel à deux

moments distincts, d'après le théorème précédent, nous pouvons écrire :

$$U = \frac{1}{2} m V^2 - \frac{1}{2} m V'^2 = F s.$$

Ou encore : $\frac{1}{2} m (V^2 - V'^2) = F s$, F étant la somme

algébrique des forces et S l'espace parcouru et U la demi-variation de la force vive et « m » la masse du corps.

Si nous considérons le corps solide partant de la vitesse $V' = 0$, pour atteindre la vitesse V , le travail $F s$ sera :

$\frac{1}{2} m \times V^2 = F \times s$; or $F = m \times \gamma$ (la vitesse croissant de 0 à V , il y a eu accélération « γ »; la force F est donc égale à $m \times \gamma$).

$$\frac{1}{2} m \times V^2 = m \times \gamma \times s.$$

$$V = \gamma \times t.$$

La demi-variation de la force vive s'exprime donc :

$$\frac{1}{2} m \times \gamma^2 \times t^2.$$

Si dans l'expression trouvée précédemment $T = \frac{P}{g} \times \frac{V}{t} \times s$ (page 27) ou :

$T = m \times \gamma \times s$, on remplace S par sa valeur :

$$S = \frac{1}{2} \gamma \times t^2.$$

Nous obtenons $T = m \times \gamma \times \frac{1}{2} \gamma t^2$
 $= \frac{1}{2} m \times \gamma^2 \times t^2$, valeur identique à la demi-variation de

la force vive $\frac{1}{2} m V^2$.

Nous pouvons donc écrire $U = T = \frac{1}{2} m V^2$.

Donc connaissant la charge à transporter et la vitesse que devra atteindre le cheval, il sera facile de connaître le travail dépensé.

Exemple : (cheval et voiture d'artillerie (p. 35).

Supposons une voiture de roulier pesant 10.000 kilos en tout, cheminant sur une route horizontale et qu'elle doive être mise en mouvement par des chevaux avec une vitesse moyenne de 1 mètre par seconde, la consommation de travail nécessaire pour vaincre dans les premiers instants son inertie, indépendamment des autres résistances, sera :

$$\frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = 510 \text{ kgm.}$$

Si la voiture devait aller à 2 mètres par seconde, le travail serait quadruplé.

Si l'on ne veut pas surmener ou forcer l'animal lors d'un démarrage, il faut que le travail, dans l'unité de temps, soit le plus faible possible. Donc, le démarrage doit être lent.

Un moteur de faible puissance pourra démarrer un gros poids, pourvu qu'il fournisse un effort assez longtemps avec une faible vitesse.

Soit 8 chevaux attelés à la voiture de 10.000 kilos précédemment citée, chaque cheval exerce un effort de 70 kilos. Donc 560 kilos pour tout l'attelage.

La vitesse V au bout d'une seconde sera donnée par la formule :

$$F = M V \text{ ou } M = \frac{P}{g} = \frac{10.000}{9,81}.$$

$$V = \frac{560 \times 9,81}{10.000} = 0 \text{ m. } 549.$$

L'espace parcouru en une seconde est donc :

$$S = \frac{1}{2} \gamma t^2; \gamma = \text{accroissement de la vitesse par seconde} \\ = 0.549.$$

$$s = \frac{1}{2} 0.549 \times (1)^2 = 0,275.$$

Il faut donc 1 sec. 8 pour obtenir la vitesse de 1 mètre seconde.

Si l'on voulait obtenir cette vitesse en une seconde, il faudrait un effort $F^1 = M V = M \times 1 = 1.020$ kilos, alors que l'effort n'était que de 560 kilos dans le premier cas.

Dans tout ce qui précède, il n'a pas été tenu compte de la résistance au roulement; il faut donc ajouter cette résistance $r = P \times C$.

On peut se rendre compte que dans le démarrage, l'influence de la résistance au roulement diminue à mesure que la vitesse augmente, puisque la résistance est à peu près indépendante de la vitesse et que son travail varie, par suite, comme l'espace parcouru, alors que le travail nécessaire pour vaincre l'inertie varie comme le carré de la vitesse.

Pour le démarrage en une seconde, à la vitesse de 1 mètre, si « r » est considéré comme étant les résistances de roulement par tonne, l'effort nécessaire pour l'accélération de la voiture de 10.000 kilos étant de 1.020 kilos nous avons :

$$\text{Effort par tonne} = 102 + r$$

$$\text{Chemin parcouru} = 0 \text{ m. } 50 = \frac{1}{2} \gamma t^2 = \frac{1}{2} + 1 + 1^2$$

$$\text{Travail} = (102 + r) \times 0,50$$

Pour le démarrage en 1 seconde à la vitesse de 2 mètres :

Effort par tonne	$= 204 + r$	,
Chemin parcouru	$= 1 \text{ m.}$	
Travail	$= (204 + r) \times 1$	

Pour le démarrage en 1 seconde, vitesse 3 mètres :

Effort par tonne	$= 306 + r$
Chemin	$= 1 \text{ m. } 50$
Travail	$= (306 + r) \times 1,50$

Ce qui montre que « r » diminue d'importance relativement à l'accélération.

Travail dû au tirage des voitures.

Le coefficient de tirage. — Si nous considérons un véhicule tiré par un cheval, roulant à une vitesse déterminée sur une route, le cheval moteur doit dépenser une certaine force pour vaincre les résistances passives, résistances dues aux frottements et à la déformation de la route sous l'influence du poids, ainsi qu'aux inégalités de la surface du sol.

Les résistances sont exprimées par un nombre, le coefficient de tirage qui est le rapport entre l'effort à l'épaule déployé par le moteur et le poids du fardeau déplacé.

Autrement dit, le travail serait proportionnel au poids supporté par la roue et le frottement de roulement varierait directement avec la quantité dont la roue enfonce. Cependant, il faut considérer les cas où l'ornière creusée est profonde et, par conséquent, où elle tend à se refermer, ce qui entraîne des frottements sur le côté de la jante. Dans ces cas, le travail n'est plus proportionnel à la profondeur de l'ornière creusée; il intervient l'élément pression latérale sur la jante, auquel s'ajoute encore, si l'ornière très profonde dépasse la hauteur de la jante, un nouveau facteur, qui font que les résistances cessent d'être proportionnelles au poids et croissent beaucoup plus vite que celui-ci.

Le coefficient de tirage est déterminé expérimentalement. On considère le poids P , de la voiture et de la charge, déplacée et, d'autre part, l'effort à l'épaule E mesuré par un dynamomètre; par définition, le coefficient de tirage C est égal à $\frac{E}{P}$.

FACTEURS PRINCIPAUX FAISANT VARIER LE COEFFICIENT DE TIRAGE

Il est évident qu'il faut considérer en premier lieu la nature de la route. C'est ainsi que, toutes choses égales d'autre part, la nature du sol intervient dans les proportions suivantes :

D'après Crevat :

Chemin de fer	0,005
Pavé.	(bon état. 0,010 mouillé boueux 0,015)
Route empierrée.	(solide 0,02 ordinaire. 0,03 mauvaise. 0,04)

Etc...

Influence de la suspension. — S'il y a un intermédiaire élastique entre la masse de la voiture et le sol, l'influence des inégalités du sol ne se fait plus sentir instantanément.

Les chocs, s'ils ne disparaissent pas, se répartissent sur un espace de temps beaucoup plus grand, ce qui produit une sorte de compensation entre eux, les ressorts emmagasinant et restituant une certaine quantité de force vive qui, sans eux, serait perdue dans le sol.

La voiture suspendue a donc un meilleur rendement que la voiture non suspendue, d'autant plus que la « vitesse sera assez grande pour que le ressort n'ait pas le temps de restituer le choc qu'il a regu avant que la cause de ce choc ait cessé d'agir » (*Cheval et voitures d'artillerie*, p. 26).

Il est à remarquer en outre que la suspension des voitures sert, dans une légère mesure, d'intermédiaire élastique entre le cheval et la charge.

Influence de la vitesse. — Lorsque la vitesse augmente, les chocs subis par la voiture deviennent plus violents; il y a donc perte de force vive et la résistance de la traction grandit.

Ceci n'a cependant d'intérêt que dans les cas de voitures circulant au grand trot sur un terrain dur et raboteux, ainsi que le montrent les chiffres provenant d'expériences effectuées par le général Morin.

Coefficient de frottement :

	Au pas	Au trot
Sur le pavé	0,017	0,031
Sur route ordinaire.	0,038	0,050
Sur route unie	0,021	0,025

Travail. — Donc, si un cheval tire une charge P exprimée en kilos l'effort à l'épaule est $P \times C$, C est donné par les tables spéciales dès que l'on connaît la nature du terrain sur lequel se fait la traction.

Le travail T en kilogrammètres que fournira le cheval, est donné par la formule $T = P \times C \times S$ ou $S =$ chemin parcouru en mètres.

Si l'on veut exprimer ce travail en calories, il suffit de se reporter aux expériences et aux formules de Joules sur l'équivalence des formes mécaniques et thermiques de l'énergie.

L'équivalent mécanique de la petite calorie, dans le système C G S est de 4 joules 18.

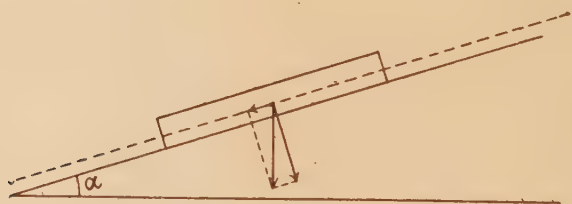
Pour passer au kilogrammètre : 1 kgm. = 9,81 joules.

La grande calorie, appelée couramment la « Calorie », vaut $4,18 \times 10^3$ joules. Donc, une calorie vaut :

$$\frac{4,18 \times 10^3}{9,81} = 426 \text{ kilogrammètres.}$$

Le travail exprimé en calorie, égale : $P \times C \times S \times \frac{1}{426}$

Le coefficient $C = \frac{E}{P}$ n'est exact que dans le cas où la traction se fait sur une route horizontale. Sur une pente, le poids de la voiture n'agit sur le sol que par sa composante perpendiculaire au sol égale à $P \cos \alpha$, α étant l'angle de la pente sur l'horizontale.



L'effort de traction sera donc égal à $C \times P \cos \alpha$.

Si la pente a une longueur « l », le travail sera $T = \text{« l »} \times c \times P \cos \alpha$ pour le travail de traction proprement dit.

Il faudra en plus dépenser une force $= P \sin \alpha$ pour vaincre la composante du poids P parallèle au sol.

Le travail nécessaire, dans ce cas, sera égal à $P l \sin \alpha$, travail employé à l'élévation du chargement.

Le travail total sera donc : $T = P l C \cos \alpha + P l \sin \alpha$.

Or, $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$, très peu différent de 1, α étant

généralement très faible, $\sin \alpha$ est voisin de 0; on peut donc écrire :

$$T = P l C + P l \sin \alpha = P l (C + \sin \alpha).$$

Après avoir monté cette côte, le cheval, généralement, est appelé à descendre une pente; pendant cette descente, il devra fournir un travail moindre que si la route était horizontale, puisqu'une partie du poids P sert à vaincre les résistances passives.

Le travail fourni peut s'écrire directement :

$$T = P \times l (C - \sin \alpha).$$

Donc, en somme, un cheval attelé à un fardeau, qui monte une côte de longueur l , de pente $= \sin \alpha$ et qui, par la suite, descend une rampe de longueur l et de pente $\sin \alpha$, a fourni un travail égal à :

$$T = P \times l (C + \sin \alpha) + P \times l (C - \sin \alpha) = 2 P l C.$$

c'est-à-dire le travail qu'il aurait fourni pour remorquer le fardeau P sur une distance $= 2 l$, la route étant horizontale.

On peut donc dire que, quelles que soient les dénivellations intermédiaires, le travail mécanique vrai se mesure par $P \times l \times C$, en choisissant 2 points équidistants du centre de la terre (Baron).

Exemple.

Soit donc à calculer le travail fourni par un cheval qui démarre une voiture de poids P et remorque la charge sur une distance S à la vitesse V .

Si le démarrage a eu lieu sur une distance « s », le travail nécessaire pour accélérer la voiture sera :

$$T_1 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2.$$

Pendant ce parcours « s », le cheval aura à vaincre la résistance aux frottements, ce qui nécessitera un travail.

$$T_2 = P \times C \times s, C \text{ étant le coefficient de tirage.}$$

Reste ensuite à parcourir une distance $S - s$, d'où un certain travail

$$T_3 = P \times C (S - s).$$

$$\text{La somme des travaux } T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 + P \times C \times s + P \times C (S - s).$$

$$\text{Soit } \frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 + P \times C \times S.$$

Nota. — Si le démarrage s'effectue sur un sol meuble et que la voiture, arrêtée depuis longtemps, ait « taillé », se soit incrustée dans le terrain, d'autres éléments doivent intervenir.

Dans les formules précédentes, il faudra considérer un coefficient d'adhérence, de résistance au départ; ce coefficient, si l'on opère sur terrain dur, sur un sol pavé, est très près du coefficient de roulement et, pratiquement, mais dans ce dernier cas seulement, on peut le considérer comme lui étant égal.

Ces données théoriques étant posées, nous allons maintenant considérer des exemples pratiques.

Toutes les observations suivantes ont été obtenues dans des maisons de Paris possédant encore de grosses cavaleries.

Dans chaque exploitation, nous avons recueilli les renseignements suivants :

- 1^o Composition de la ration donnée aux chevaux;
- 2^o Poids moyen des chevaux et leur taille;
- 3^o Le poids de la voiture vide et la charge utile transportée;
- 4^o Le chemin parcouru dans la journée, ce que l'on obtenait facilement en considérant les bordereaux de livraisons et en faisant la moyenne de plusieurs cas;
- 5^o Savoir si ce chemin était parcouru au trot, au pas ou aux deux allures combinées;
- 6^o Le nombre d'arrêts dans la journée.

Le nombre d'arrêts chez les clients est facile à obtenir par l'examen des bordereaux, mais il faut également considérer les arrêts dus à la circulation dans Paris; ce nombre est en moyenne de 15 dans une journée. Ce renseignement nous a été fourni par des charretiers sérieux auxquels nous avons demandé de compter ces arrêts; la moyenne a été établie sur trois observations répétées pendant une semaine environ.

Il y a lieu également de considérer les différents genres de travail à Paris :

1^o *Le gros camionnage au pas.* — Dans ce cas, on transporte une charge d'un point à un autre et généralement le retour se fait à vide; donc, pratiquement, la moitié du chemin se fait à pleine charge et l'autre moitié à vide.

2^o *Service de livraisons au pas ou au trot.* — Il est intéressant de savoir si la voiture se décharge progressivement

depuis le départ jusqu'au retour à la maison ou si elle se décharge tout entière dans un quartier déterminé et relativement restreint.

Dans la grosse majorité des cas, c'est à ce dernier genre de travail que nous aurons affaire, cette façon de procéder facilitant beaucoup le travail du personnel chargé d'effectuer le classement des livraisons.

Pratiquement, nous pouvons donc encore considérer que le chemin se fait moitié à vide, moitié à pleine charge.

3° *Les services spéciaux* qui seront envisagés individuellement.

Dans les observations suivantes, nous examinerons donc :

1° La valeur énergétique de la ration; d'abord sa valeur totale, puis sa valeur réelle au point de vue nutritif, en faisant intervenir les coefficients de productivité.

2° La partie de la ration strictement nécessaire à l'entretien de l'animal.

3° La « Relation nutritive » de la ration considérée. (Il aurait été intéressant de considérer « l'aliment de lest », mais cette recherche nous fut impossible à réaliser, étant donné que la quantité de paille donnée aux animaux n'est guère exactement connue; la botte de paille mise dans le ratelier est incomplètement absorbée et le surplus est employé pour faire la litière; les données ne seraient donc pas exactes et ne permettraient pas d'obtenir des résultats assez constants, ni suffisamment exacts pour tirer des conclusions intéressantes.)

La paille ne tenant lieu que de lest ou d'excipient à d'autres produits, nous ne la considérons pas comme aliment.

4° Le travail automoteur.

5° Les démarrages.

6° Le travail proprement dit.

Toutes ces données étant établies, nous considérerons

d'une part, l'énergie absorbée par le cheval et l'énergie dont il peut disposer (coefficient de productivité) et, d'autre part, les dépenses effectuées par l'animal tant pour son entretien que pour fournir le travail demandé, puis nous comparerons les chiffres obtenus.

Afin d'effectuer cette comparaison, nous adopterons comme unité « la calorie ».

Nous ferons donc, pour chaque observation, une remarque particulière sur la bonne composition de la ration et le bon équilibre de l'énergie reçue et des dépenses et ensuite nous chercherons à dégager de ces observations des conclusions d'ensemble.

N.-B. — « Nous avons adopté, sur les conseils de M. Dechambre, le coefficient $C = 0,03$ comme coefficient de roulement moyen à Paris ».

OBSERVATION I

Dans cette écurie, on emploie des chevaux pesant en moyenne 630 kilos et mesurant environ 1 m. 65 au garrot et qui sont en bon état de travail.

Ces chevaux reçoivent comme ration :

8 kilogrammes d'avoine;

7 kilogrammes de foin

et de la paille.

La voiture vide pèse 1.000 kilos.

Les chevaux parcourent en moyenne de 20 à 25 kilogrammètres par jour : nous prendrons 22 dans les calculs.

Genre de travail. — Les chevaux effectuent un service de livraisons de détail dans Paris; ils sont attelés seuls, partent à pleine charge, c'est-à-dire à 2.000 kilos de marchandise et 1.000 kilos de voiture.

Les livraisons s'effectuent dans un quartier de Paris, dans un rayon très restreint; on peut donc pratiquement considérer que la moitié du parcours a lieu à pleine charge, donc 3.000 kilos, en totalité et l'autre moitié à vide, donc 1.000 kilos.

Dans ce cas, il faut compter 35 arrêts en moyenne par jour et par cheval pour la livraison de la marchandise; à ces arrêts, viennent s'ajouter ceux occasionnés par la circulation, que nous avons précédemment estimés à 15.

Le service a lieu continuellement au pas.

ÉTUDE DE LA RATION

Valeur énergétique :

Avoine	$2.632 \times 8 = 21.056$	calories
Foin	$1.980 \times 7 = 13.860$	—

La ration contient donc : $21.056 + 13.860 = 34.916$ calories.

Le coefficient de production ou coefficient nutritif étant de 0,95 pour l'avoine et 0,70 pour le foin, la ration précédente ne cède au cheval que :

$$21.056 \times 0,95 + 13.860 \times 0,70 = 29.705 \text{ calories.}$$

Le cheval dispose donc de 29.705 calories.

Relation nutritive :

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{640 + 378}{4496 + 3010} = \frac{1018}{7506} = \frac{1}{7,3}$$

Ration d'entretien. — La ration d'entretien pour un cheval de 500 kilos est de 20.500 calories.

Pour des chevaux de 630 kilos la ration d'entretien est donnée par la formule établie précédemment (voir p. 17).

$$R = \frac{20.500}{\sqrt[3]{(500)^2}} \times \sqrt[3]{(630)^2} = 23.916 \text{ calories.}$$

ÉTUDE DU TRAVAIL

1^o *Travail automoteur.* — Le travail ayant lieu au pas, la valeur du travail automoteur exprimé en kilogrammètres, est donnée par l'expression :

$$T. A = \frac{5}{100} \times 630 \times 22.000 = 393.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour transformer en calories :

$$\frac{393.000}{425} = 924 \text{ calories.}$$

2^o *Travail nécessaire aux démarrages.* — Les chevaux effectuant (35 + 15) démarrages dus aux arrêts chez le client et à la circulation, nous considérerons que le cheval démarre 25 fois à pleine charge et 25 fois à vide.

L'allure du pas dans Paris étant d'environ 5 km. 5 à 6 kilomètres à l'heure, soit 1 m. 60 à la seconde, le travail en kilogram-

mètre sera : pour un démarrage $T = \frac{1}{2} m \sqrt{v^2}$, soit dans ce cas :

$$25 \times \frac{1}{2} \frac{3000}{9,81} \times (1 \text{ m. } 60)^2 + 25 \times \frac{1}{2} \frac{1000}{9,81} \times (1 \text{ m. } 60)^2 = 13.600 \text{ kgm.}$$

$$\text{soit } \frac{13.600}{425} = 32 \text{ calories.}$$

3° *Travail dû au tirage de la voiture.* — Les chevaux parcourant 11 kilomètres avec 3.000 kilos et 11 kilomètres avec 1.000 kilos de charge, le coefficient de roulement étant de 0,03, le travail sera :

$$(11.000 \times 3.000 \times 0,03) + (11.000 \times 1.000 \times 0,03) = 1.320.000 \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{soit } \frac{1.320.000}{425} = 3.105 \text{ calories.}$$

Un cheval dépense donc par jour :

23.916 calories pour son entretien.

0.924 — pour son travail automoteur.

32 — pour les démarrages.

3.105 — pour le tirage de la voiture.

Soit. . 27.977 calories.

Nous avons vu que le cheval recevait 34.916 calories, mais qu'il ne pouvait disposer que de 29.705 calories.

Donc, le cheval absorbe 34.916 — 27.977, soit 7.000 calories en excès, de fait, il ne reçoit que 29.705 — 27.977, soit 1.720 calories en excès.

OBSERVATION II

Cette observation et la suivante nous ont été fournies par une exploitation qui possède une des plus belles cavaleries de Paris.

Les chevaux, en grande majorité, sont des Percherons qui pèsent en moyenne 560 kilos et mesurent 1 m. 65 au garrot.

Les chevaux sont tous en excellent état.

Une partie de la cavalerie reçoit comme ration :

Avoine	9 kgr.
Paille mélassée.	1 —
Foin	5 —
Paille.	

Les chevaux travaillent par paire.

La voiture pèse 1.800 kilos et est chargée à 2.800 kilos.

Le chemin parcouru est d'environ 25 à 30 kilogrammètres.

Genre de travail. — Ces chevaux effectuent un service de livraisons dans Paris et la banlieue; nous considérerons que la moitié du chemin (15 km.) est effectuée à pleine charge (2.800 + 1.800) et l'autre moitié à vide.

Ces chevaux s'arrêtent en moyenne 60 fois par jour pour les livraisons, plus 15 arrêts occasionnés par la circulation.

Le service a lieu tantôt au trot, tantôt au pas.

ÉTUDE DE LA RATION

Valeur énergétique :

9 kgr. d'avoine.	2.632×9	$= 23.688$	calories
1 kgr. paille mélassée (soit 0,500 de mélasse).	$2.656 \times 0,5$	$= 1.328$	—
5 kgr. de foin	1.980×5	$= 9.900$	—
		<u>34.916</u>	calories

La ration possède donc une valeur énergétique de 34.916 calories.

Le coefficient de production de l'avoine étant de 0,95, de 0,70 pour le foin et 0,87 pour la mélasse, la ration ne cédera au cheval que :

$(23.688 \times 0,95) + (9.900 \times 0,70) + (1.328 \times 0,87) = 30.590$
calories.

Le cheval dispose donc de 30.590 calories.

Relation nutritive :

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{720 + 23 + 270}{5058 + 301 + 2150} = \frac{1013}{7509} = \frac{1}{7,4}$$

Ration d'entretien. — La ration pour un cheval de 560 kilos est donnée par la formule :

$$R = \frac{20.500}{\sqrt[3]{(500)^2}} \times \sqrt[3]{(560)^2} = 22.107 \text{ calories.}$$

ÉTUDE DU TRAVAIL

1^o *Travail automoteur.* — Nous admettons que le cheval effectue la moitié du chemin au pas et l'autre moitié au trot; le travail automoteur sera donc :

$$15.000 \times \frac{5}{100} \times 560 = 420.000 \text{ kgm. pour 15 km. au pas, et}$$

$$15.000 \times \frac{10}{100} \times 560 = 840.000 \text{ kgm. pour 15 km. au trot;}$$

Soit au total : 1.260.000 kilogrammètres.

Soit en calories : $\frac{1.260.000}{415}$ soit 3.000 calories.

2^o *Démarrages.* — Nous avons vu que les attelages démarraient 75 fois, tant pour les livraisons que pour les arrêts dus à la circulation dans Paris.

Les démarrages ont lieu tantôt à pleine charge, tantôt à vide et soit au trot, soit au pas; pour les calculs, nous avons admis que :

$\frac{1}{4}$ des démarrages a lieu au pas, à pleine charge.

$\frac{1}{4}$ — — — au trot, —

$\frac{1}{4}$ — — — au pas, à vide.

$\frac{1}{4}$ — — — au trot, —

L'allure du pas étant de 1 m. 60 à la seconde et 2 m. 70 au trot,

le travail occasionné par les démarrages est donné par la somme des expressions suivantes :

$$19 \times \frac{1}{2} \frac{4.600}{9,81} \times (1 \text{ m. } 60)^2$$

$$19 \times \frac{1}{2} \frac{4.600}{9,81} \times (2,70)^2$$

$$19 \times \frac{1}{2} \frac{1.800}{9,81} \times (2,70)^2$$

$$19 \times \frac{1}{2} \frac{1.800}{9,81} \times (1,60)^2$$

$$\text{Soit } 65.208 \text{ kgm.}$$

$$\text{Soit } \frac{65.208 \text{ calories}}{425}$$

3° *Tirage de la voiture.* — Le chemin parcouru à pleine charge est de 15.000 mètres.

Le chemin parcouru à vide est de 15.000 mètres.

Le travail est donc : $(4.600 \times 0,03 \times 15.000) + (1.800 \times 0,03 \times 15.000)$ soit 2.880.000 kilogrammètres.

ou, en exprimant en calories : $\frac{2.880.000}{425} = 6.776 \text{ calories.}$

COMPARAISON ENTRE LA NOURRITURE ET LE TRAVAIL

Une flèche de deux chevaux reçoit : $34.916 \times 2 = 69.832$ calories, mais elle ne dispose que de $30.590 \times 2 = 61.180$.

Une paire de chevaux dépense :

$$2 \text{ entretiens : . . . } 22.107 \times 2 = 44.214$$

$$2 \text{ automoteurs : . . . } 3.000 \times 2 = 6.000$$

$$1 \text{ démarrage } 153$$

$$1 \text{ travail dû au tirage. } \underline{6.776}$$

$$\text{Soit. } \underline{57.143}$$

La ration apporte donc :

$$69.832 - 57.143 \text{ soit } 12.690 \text{ calories en excès.}$$

De fait, une flèche ne dispose que de 61.180 calories.

Il y a donc un excès de : $\frac{61.180 - 57.143}{2} =$ soit 2.000 calories en excès par cheval.

OBSERVATION III

Dans la même écurie que précédemment, l'autre partie de la cavalerie reçoit comme ration :

Avoine.	11 kgr.
Paille mélassée	1 —
Foin.	5 —

Les chevaux travaillent en flèche.

La voiture pèse 1.650 kilos et est chargée à 5.000 kilos.

Le chemin parcouru est d'environ 30 kilomètres par jour.

Genre de travail. — Cette partie de la cavalerie est utilisée pour le camionnage des marchandises de la gare à l'usine et aux dépôts. La moitié du chemin est donc effectuée à pleine charge et l'autre moitié à vide.

La moyenne des arrêts est d'environ 40 par jour en tout.

Ces chevaux effectuent un service au pas.

ÉTUDE DE LA RATION

Valeur énergétique :

11 kgr. d'avoine	2.632×11	$=$	28.952 calories
1 kgr. de paille mélassée (50 %).	$2.656 \times 0,5$	$=$	1.328 —
5 kgr. de foin.	1.980×5	$=$	9.900 —
Soit			<u>40.180</u> calories

De cette ration qui contient 40.180 calories, le cheval ne dispose que de :

$$(28.952 \times 0,95) + (1.328 \times 0,87) + (9.900 \times 0,70)$$

$$27.504 + 1.155 + 6.930 = 35.589 \text{ calories}$$

Relation nutritive :

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{820 + 23 + 270}{6.182 + 301 + 2.150} = \frac{1.113}{8.633} = \frac{1}{7,7}$$

Ration d'entretien.

R = 22.107 calories, comme précédemment.

CALCUL DU TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Tout le parcours a lieu au pas; le travail automoteur en kilogrammètres est donc :

$$\frac{5}{10} \times 560 \times 30.000 = 840.000 \text{ kilogrammètres}$$

Soit $\frac{840.000}{425}$, soit 2.000 calories.

2° *Démarrages.* — Il y a 40 démarrages, tous au pas, la moitié à charge pleine, l'autre moitié à vide.

L'allure du pas étant de 1 m. 60 à la seconde, le travail nécessaire pour ces démarrages est donné par les expressions :

$$\left. \begin{array}{l} 20 \times \frac{1}{2} \times \frac{6.650}{9,81} \times (1 \text{ m. } 6)^2 \\ 20 \times \frac{1}{2} \times \frac{1.650}{9,81} \times (1 \text{ m. } 6)^2 \end{array} \right\} = 22.576 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit : 53 calories.

3° *Travail nécessaire au tirage de la voiture.* — Ce travail, pour le chemin effectué à pleine charge, est égal à : $6.650 \times 0,03 \times 15.000$.

Pour le chemin effectué à vide : $1.650 \times 0,03 \times 15.000$.
Soit en totalité :

$$(0,03 \times 15.000) (1.650 + 6.650) = 3.735.000 \text{ kgm.}$$

$$\text{Soit } \frac{3.735.000}{425} = 8.788 \text{ calories.}$$

Une paire de chevaux dépense donc :

2 entretiens	$22.107 \times 2 =$	44.214 calories
2 automoteurs	$2.000 \times 2 =$	4.000 —
1 démarrage		53 —
1 travail de tirage.		8.788 —
Soit.		<u>57.055</u> calories

COMPARAISON ENTRE LA NOURRITURE REÇUE ET LE TRAVAIL FOURNI PAR UNE FLÈCHE

Une flèche reçoit : $40.180 \times 2 = 80.360$ calories.

Cependant, les 2 chevaux ne disposent que de :

$$35.589 \times 2 = 71.178 \text{ calories.}$$

Il y a donc un excès de $80.360 - 71.178 = 9.182$ calories.

De fait, un cheval n'a un excédent que de :

$$\frac{71.178 - 57.055}{2} = \frac{14.123}{2} = 7.067 \text{ calories.}$$

Cette partie de la cavalerie est donc beaucoup moins bien exploitée que la précédente, les chevaux ayant un excédent de 7.067 calories.

Il est donc évident que l'exploitation est onéreuse et il semble bien que l'on puisse réduire la nourriture sans dommage pour les chevaux.

OBSERVATION IV

Dans cette entreprise de transports, les chevaux reçoivent par jour :

Avoine.	10 kgr.
Paille mélassée	1 kgr.
Luzerne	7 kgr. 500

Les chevaux de cette exploitation atteignent généralement 700 à 720 kilos et mesurent 1 m. 68 au garrot.

Cette observation et les suivantes sont prises dans la même écurie.

Dans le cas que nous allons examiner de suite, les chevaux sont attelés seuls; la voiture vide pèse 1.200 kilos et porte 2.300 kilos de charge.

Les chevaux parcourent 30 kilomètres par jour, soit au pas quand la voiture est chargée, soit au trot quand la voiture est vide.

Genre de travail. — Nous avons ici à considérer un service de gros camionnage s'effectuant à la périphérie de Paris, par les artères peu fréquentées. En principe, il n'y a pas d'arrêts à considérer. La moitié du chemin est effectué à pleine charge et l'autre moitié à vide.

Service mixte au pas et au trot.

ÉTUDE DE LA RATION

Valeur énergétique :

Avoine, 10 kgr.	2.632×10	$=$	26.320 calories
Paille mélassée (50 %) . . .	$2.656 \times 0,5$	$=$	1.328 —
Luzerne, 7 kgr. 500	$1.965 \times 7,5$	$=$	14.737 —
			42.385 calories

Si la ration a une énergie potentielle de 42.385 calories, elle ne cède au cheval que :

$$(26.320 \times 0,95) + (1.328 \times 0,87) + (14.737 \times 0,70) = \\ 25.004 \quad + \quad 1.155 \quad + \quad 10.312 \quad = 36.471 \text{ calories.}$$

Relation nutritive :

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{800}{5.620} + \frac{877,5}{301} + \frac{23}{2.722} = \frac{1.700}{8.693} \text{ soit } \frac{1}{5}$$

Ration d'entretien. — La ration pour un cheval de 720 kilos est donnée par la formule :

$$R = \frac{20.500}{\sqrt[3]{(500)^2}} \times \sqrt[3]{(720)^2} = 26.139 \text{ calories.}$$

CALCUL DU TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Les chevaux vont moitié du chemin au pas, moitié au trot. Le travail automoteur est donc :

$$\left. \begin{array}{l} \frac{5}{100} \times 720 \times 15.000 \\ \frac{10}{100} \times 720 \times 15.000 \end{array} \right\} \text{ soit } 1.620.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit, exprimé en calories :

$$\frac{1.620.000}{425} = 3.811 \text{ calories.}$$

2° *Travail dû au tirage de la voiture.* — La voiture est chargée pendant 15 kilomètres et roule à vide pendant 15 kilomètres; le travail est donc :

$$\left. \begin{array}{l} 3.500 \times 0,03 \times 15.000 \\ 1.200 \times 0,03 \times 15.000 \end{array} \right\} 2.115.000 \text{ kgm.}$$

$$\text{Soit } \frac{2.115.000}{425} = 4.964,0 \text{ calories.}$$

Un cheval dépense donc :

Entretien.	26.139 calories
Travail automoteur.	3.811 —
Travail.	4.965 —
Soit	<u>34.915</u> calories

COMPARAISON ENTRE L'ALIMENTATION ET LES DÉPENSES

La ration contient 42.385 calories; il y a donc un excédent de :
 $42,385 - 34,915 = 7.470$ calories.

Mais comme la ration ne cède que 36.471 calories, l'excédent se réduit à :

$$36.471 - 34.915 = 1.556 \text{ CALORIES.}$$

Il semble qu'il y aurait lieu, dans ce cas, de modifier la ration, en réduisant la quantité de protéine totale qu'elle contient, la relation nutritive $\frac{1}{5}$ étant un peu étroite, quoique l'on ait ici affaire à des chevaux de gros trait.

OBSERVATION V

Ainsi que nous l'avons noté plus haut, cet exemple est relevé dans la même exploitation que celui précédemment cité.

Les chevaux reçoivent la même nourriture, mais sont attelés par paire. L'écurie étant assez homogène dans sa constitution, les chevaux sont du type précédent, pesant 700 à 720 kilos et mesurant 1 m. 68 au garrot.

Le travail fourni est un travail de gros camionnage, tel que le transport de pâte à papier, sacs de grains, machines industrielles, etc...

Les chevaux sont attelés à des voitures pesant 2.000 kilos et la charge atteint en moyenne 5.000 kilos.

Les attelages parcourent 30 kilomètres par jour, tantôt au pas, tantôt au trot.

ÉTUDE DE LA RATION

Il suffit de se rapporter à l'étude faite dans l'observation précédente.

ÉTUDE DU TRAVAIL

1^o *Travail automoteur.* — Ainsi que nous l'avons calculé précédemment, les chevaux, pour leur déplacement au cours du travail qui leur est demandé, dépensent :

1.620.000 kilogrammètres, soit. . . . 3.811 calories.

2^o *Tirage des voitures.* — La moitié du parcours a lieu la voiture vide (2.000 kilogs) et l'autre moitié à pleine charge.

Le travail nécessaire au tirage des voitures est donc donné par la somme des expressions :

$$15.000 \times 7.000 \times 0,03$$

$$15.000 \times 2.000 \times 0,03$$

Soit. 4.050.000 kilogrammètres.

$$\text{Soit } \frac{4.050.000}{425} = 9.530 \text{ calories.}$$

COMPARAISON ENTRE LE TRAVAIL FOURNI ET L'ALIMENTATION REÇUE

Un attelage de 2 chevaux reçoit :

$$42.385 \times 2 = 84.770 \text{ calories et dispose de}$$

$$36.471 \times 2 = 72.942 \text{ calories.}$$

Une paire de chevaux dépense dans une journée :

$$\text{Pour son entretien } 26.139 \times 2 = 52.278 \text{ calories}$$

$$\text{Pour son déplacement. } 3.811 \times 2 = 7.622 \text{ —}$$

$$\text{Pour le travail fourni } 9.530 \text{ —}$$

$$69.430 \text{ calories}$$

Il y a donc un excès apparent de :

$$84.770 - 69.430 = 15.340 \text{ calories.}$$

Excédent qui se réduit à $72.942 - 69.430 = 3.512$ calories,

soit $\frac{3.512}{2} = 1.756$ calories par cheval.

OBSERVATION VI

Les chevaux considérés dans cette observation reçoivent comme ration :

Avoine	9 kgr.
Paille mélassée.	2 —
Foin	5 —
Paille.	

Ces chevaux, en plein service, pèsent en moyenne 680 kilos et mesurent 1 m. 68 au garrot.

Ils sont attelés seuls.

La charge transportée + la voiture égalent 2.000 kilos.

Le trajet parcouru est d'environ 20 kilomètres par jour.

Genre de travail. — Le service effectué par ces chevaux est assez spécial et fait qu'ils travaillent toujours à pleine charge, c'est-à-dire 2.000 kilos.

En principe, il n'y a pas d'arrêts : les démarrages ne sont donc pas à considérer.

Le service a lieu continuellement au trot et ces chevaux effectuent exclusivement un service de nuit, point sur lequel nous reviendrons plus loin.

ÉTUDE DE LA RATION

Valeur énergétique :

Avoine $2.632 \times 9 = 23.688$ calories

Paille mélassée 2 kgr. (50 %).	2.656	—
Foin, 5 kgr.	9.900	—
Soit	36.244	calories

En tenant compte des coefficients de digestibilité ou de production des différents aliments qui composent la ration, celle-ci ne cède au cheval que :

$$(23.688 \times 0,95) + (2.656 \times 0,87) + (9.900 \times 0,70) = 32.770 \text{ calories.}$$

Relation nutritive. — Le rapport entre la quantité de matière azotée de cette ration et la quantité de substance non azotée, est égal à :

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{720}{5.058} + \frac{270}{2.150} + \frac{46}{602} = \frac{1.036}{7.810} = \frac{1}{6,9}$$

Ration d'entretien. — La ration d'entretien pour un cheval de 680 kilos s'exprime par la formule :

$$R = \frac{20.500}{\sqrt[3]{(500)^2}} \times \sqrt[3]{680^2} = 25.160 \text{ calories.}$$

LE TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Ce cas envisage des chevaux de 680 kilos parcourant 20 kilomètres à l'allure du trot; le travail automoteur fourni est donc :

$$\frac{10}{100} \times 680 \times 20.000 = 1.360.000 \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{Soit en calories } \frac{1.360.000}{425} = 3.200 \text{ calories.}$$

2° *Travail dû au tirage de la voiture.* — Le travail qu'il est nécessaire de fournir pour « tirer » 2.000 kilos sur un parcours de 20.000 mètres est de :

$$2.000 \times 0,03 \times 20.000 = 1.200.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit $\frac{1.200.000}{425} = 2.823$ calories.

Un cheval dépense donc :

Pour son entretien.	25.160 calories
Pour son déplacement	3.200 —
Pour le travail fourni.	2.823 —
Soit en totalité.	<u>31.183 calories</u>

COMPARAISON ENTRE L'ALIMENTATION ET LE TRAVAIL

Le cheval reçoit une ration dont la valeur énergétique est de 36.244 calories.

Il y a donc un excès de $36.244 - 31.183 = 5.061$ calories.

Cependant, le cheval ne peut utiliser et transformer en travail que 32.770 calories; l'excès est donc réduit à :

$32.770 - 31.183$, soit. 1.587 calories .

OBSERVATION VII

Cette observation nous est fournie par la même exploitation que la précédente, de même que la suivante. Cependant, cette partie de l'effectif effectue un travail assez différent.

Les chevaux reçoivent comme nourriture :

Avoine	8 kgr.
Paille mélassée.	2 —
Foin	5 —
Paille.	

Les chevaux sont un peu plus légers que les précédents et ne pèsent guère que 620 kilos.

Genre de travail. — Les chevaux sont attelés par deux et parcourent 20 kilomètres par jour, au trot.

Le service a toujours lieu à pleine charge, c'est-à-dire à 3,500 kilos.

De même que précédemment, il n'y a pas d'arrêts, ni démarrages à considérer.

Le travail a également lieu la nuit.

ÉTUDE DE LA RATION

Valeur énergétique :

Avoine	$2.632 \times 8 =$	21.056 calories
Paille mélassée.		2.656 —
Foin	$1.980 \times 5 =$	9.900 —
Soit		<u>33.612</u> calories

En tenant compte des coefficients de digestibilité, cette ration ne laisse au cheval que :

$$(21.056 \times 0,95) + (2.656 \times 0,87) + (9.900 \times 0,70) = 30.270 \text{ calories}$$

Relation nutritive :

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{640}{4.496} + \frac{46}{602} + \frac{270}{2.150} = \frac{956}{7.248} \text{ soit } \frac{1}{7,5}$$

Ration d'entretien. — Pour des chevaux de 620 kilos :

$$R = \frac{20.500}{\sqrt[3]{500^2}} \times \sqrt[3]{620^2} = 23.660 \text{ calories.}$$

LE TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Les chevaux parcourent 20 kilomètres au trot, nous pouvons considérer que le travail automoteur est donné par l'expression :

$$\frac{10}{100} \times 620 = 20.000 = 1.240.000 \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{Soit } \frac{1.240.000}{425} = 2.915 \text{ calories,}$$

2° *Travail dû au tirage de la voiture.* — La traction de 3.500 kgr. sur un chemin de 20.000 mètres et si le coefficient de roulement est 0,03, nécessite un travail de :

$$3.500 \times 0,03 \times 20.000 = 2.100.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit, si l'on exprime ce travail en calories :

$$\frac{2.100.000}{425} = 4.940 \text{ calories.}$$

Un attelage de 2 chevaux dépense donc dans sa journée de travail :

Pour son entretien	23.660 × 2 =	47.320 calories
Pour le travail automoteur. . .	2.915 × 2 =	5.830 —
Pour le tirage de la charge:		4.940 —
Soit.		<u>58.090 calories</u>

COMPARAISON ENTRE LE TRAVAIL ET L'ALIMENTATION

Un attelage de 2 chevaux reçoit journallement :

$$33.612 \times 2 = 67.224 \text{ calories.}$$

Les chevaux n'utilisent de cette énergie, par suite du coefficient de productivité des éléments qui composent la ration, qu'une fraction de la valeur énergétique de la ration.

Cette fraction est égale à :

$$30.270 \times 2 = 60.540 \text{ calories.}$$

Une flèche de 2 chevaux dépense par jour, tant pour son entretien, son déplacement et le travail utile fourni : 58.090 calories.

Les chevaux reçoivent donc :

$$67.224 - 58.090 = 9.134 \text{ calories en excès,}$$

$$\text{soit } 4.567 \text{ calories par cheval.}$$

Cet excès se réduit à :

$$\frac{60.540 - 58.090}{2} = \frac{2.450}{2} = 1.225 \text{ calories en excès par cheval.}$$

OBSERVATION VIII

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, cet exemple est pris dans la même exploitation que les deux observations envisagées plus haut.

Les chevaux reçoivent la ration journalière suivante :

Avoine	8 kgr.
Paille mélassée.	2 —
Foin	5 —
Paille.	

Nous avons affaire à des animaux du même type que dans l'exemple précédent, c'est-à-dire des chevaux pesant en moyenne 620 kilos.

Genre de travail. — Dans ce cas, les chevaux sont attelés par trois et parcourent 30 kilomètres.

Le travail a également lieu la nuit exclusivement.

Le travail a lieu au pas ou, exceptionnellement, au trot, petit trot et pendant très peu de temps; nous considérerons donc le pas comme étant l'allure normalement utilisée.

Le travail est coupé par de longs arrêts nécessités par le genre de service qu'effectuent ces attelages.

Les chevaux travaillent tantôt à pleine charge, c'est-à-dire 2.500 kilos de voiture + 4.500 kilos de charge, tantôt à vide, donc avec 2.500 kilos.

ÉTUDE DE LA RATION

Il suffit de se reporter au cas précédent, les chevaux recevant la même ration, dont l'étude a déjà été pratiquée.

Valeur énergétique. — La ration apporte 33.612 calories. De ces 33.612 calories, le cheval ne tire partie que de 30.270.

Relation nutritive.

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{1}{7,5} \text{ ainsi que nous l'avons déjà calculé.}$$

Ration d'entretien. — Le cheval de 620 kilos demande 23.660 calories pour son entretien, ainsi que nous l'avons calculé dans l'observation précédente.

LE TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Nous avons considéré le pas comme l'allure pratiquement utilisée par ces attelages.

Le travail automoteur est donc donné par l'expression :

$$\frac{5}{100} \times 620 \times 30.000 = 930.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit en calories :

$$\frac{930.000}{425} = 2.188 \text{ calories.}$$

2° *Travail dû au tirage de la voiture.* — La traction de la voiture et de la charge, sur la moitié du parcours, c'est-à-dire sur 15.000 mètres, nécessite un travail qui se traduit par la formule :

$$T = 7.000 \times 0,03 \times 15.000 = 3.150.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour « tirer » la voiture vide pendant le reste du parcours, l'attelage fournit un travail de :

$$2.500 \times 0,03 \times 15.000 = 1.125.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit au total en travail fourni égal à :

$$3.150.000 + 1.125.000 = 4.275.000 \text{ kilogrammètres,}$$

ou, en prenant la calorie comme unité :

$$\frac{4.275.000}{425} = 10.058 \text{ calories.}$$

Le travail total fourni par un attelage de trois chevaux (tant

pour le travail automoteur, que pour le tirage de la voiture), auquel s'ajoute l'entretien des trois chevaux, représente :

Pour l'entretien.	23.660 × 3 =	70.980 calories
Pour le travail automoteur.	2.188 × 3 =	6.564 —
Pour le tirage de la voiture.		10.058 —
Soit.		<u>87.602 calories</u>

COMPARAISON DE L'ALIMENTATION ET DU TRAVAIL

Un attelage de trois chevaux reçoit :

$$33.612 \times 3 = 100.836 \text{ calories.}$$

Il y a donc un excès apparent de :

$$100.836 - 87.602 = 13.234 \text{ calories.}$$

$$\text{Soit } \frac{13.234}{3} = 4.411 \text{ — par cheval.}$$

Mais des 100.836 calories reçues, les chevaux n'utilisent que

$$30.270 \times 3 = 90.810 \text{ calories.}$$

L'excès se réduit donc à :

$$90.810 - 87.602 = 3.208 \text{ calories.}$$

$$\text{Soit, par cheval } \frac{3.208}{3} = 1.069 \text{ calories en excès.}$$

Si nous observons les résultats obtenus par ces trois derniers exemples, nous voyons que l'excès de calories par cheval est de :

1.587 calories pour des chevaux de 680 kilos;

1.225 et 1.069 pour des chevaux de 620 kilos.

Ainsi que nous pouvons nous en rendre compte en comparant ces chiffres à ceux obtenus dans les autres observations qui précèdent et qui suivent, nous voyons que tous les résultats obtenus sont du même ordre quant à l'excès de calories.

Or, alors que dans toutes les autres exploitations nous avons eu affaire à des chevaux en bon état, ici les animaux ne gardent pas leur poids, car les chevaux qui pèsent 680 kilos en plein travail, pèsent plus de 700 kilos quand ils sont achetés : de même, les chevaux achetés et pesant de 650 à 680 kilos tombent à 620 kilos.

Nous avons vu que la relation nutritive est large, mais encore acceptable pour des chevaux de gros trait ; il y a donc un autre facteur qui intervient. Ce facteur, nous pouvons penser qu'il existe dans le « travail de nuit », car toutes les conditions d'hygiène et de propreté des chevaux sont respectées dans cette écurie.

Un autre facteur intervient également ; la surveillance des attelages travaillant la nuit est très difficile ; souvent les charretiers ne ménagent pas leur attelage et n'hésitent pas à leur faire parcourir un trajet supplémentaire pour différentes causes.

Ces faits sont d'ailleurs connus de la Direction, mais il est très difficile d'y remédier.

OBSERVATION IX

Cette observation et les quatre suivantes nous sont fournies par une même exploitation qui possède une cavalerie des mieux entretenues et des plus jolies de Paris.

Dans cette écurie, il y a plusieurs types de chevaux, en grande majorité des Percherons et des demi-sangs normands et quelques chevaux anglais.

Les chevaux sont de format assez variable ; ils sont, d'autre part, employés à des services suffisamment différents pour que l'on puisse envisager 5 cas distincts d'entretien et de mode d'exploitation des chevaux.

Cette observation sera consacrée à une partie de cette cavalerie, partie composée de petits demi-sang.

Soit donc à calculer la valeur énergétique de 1 kilo de son mélassé.

$$500 \text{ gr. de son} \quad \text{renferment} \quad \frac{2.361}{2} = 1.180,5 \text{ calories.}$$

$$500 \text{ gr. de mélasse} \quad \text{—} \quad \frac{2.656}{2} = 1.328 \text{ calories.}$$

La valeur énergétique de 1 kilo du son mélassé à 50 % est donc de : $1.180 + 1.328 = 2.508$ calories.

Le coefficient de productivité de son étant de 0,80 et celui de la mélasse de 0,87, 1 kilo de son mélassé ne cèdera au cheval que :
 $(1.180,5 \times 0,8) + (1.328 \times 0,87) = 2.099,4$ calories (soit 2.100 calories).

Si la ration renferme 30.146 calories, elle ne cède au cheval que :

$$(18.425 \times 0,95) + (2.100 \times 2,7) + (4.950 \times 0,7) \\ \text{Soit. } 26.638 \text{ calories}$$

Relation nutritive :

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{560}{3.934} + \frac{152,55}{625} + \frac{62,1}{812} + \frac{135}{1.075} \text{ soit } \frac{910}{6.446} \text{ soit } \frac{1}{7}$$

Relation d'entretien. — Un cheval de 460 kilos demande, pour son entretien, une ration :

$$R = \frac{20.500}{\sqrt[3]{500^2}} \times \sqrt[3]{460^2} = 19.094 \text{ calories.}$$

TRAVAIL

1^o *Travail automoteur.* — Nous avons vu que ces demi-sang parcourent 40 kilomètres par jour, au trot; il est donc facile de calculer le travail automoteur par la formule :

$$\frac{10}{100} \times P \times s, \text{ soit } \frac{10}{100} \times 460 \times 40.000 = 1.840.000 \text{ kilogramm.}$$

Ces animaux reçoivent par jour :

Avoine	7 kgr.
Son mélassé	2 kgr. 700
Foin	2 kgr. 500
Paille	

Ces petits demi-sang pèsent de 450 à 480 kilos et mesurent 1 m. 60 au garrot.

Genre de travail. — Les chevaux sont attelés par deux à des voitures pesant 1.200 kilos.

La charge transportée est d'environ 1.100 kilos.

Le chemin parcouru est de 40 kilomètres par jour, continuellement au trot.

Le service effectué est un service de livraisons, type de petit détail.

Il ne faut pas compter moins de 70 arrêts chez les clients, auxquels il faut ajouter 15 arrêts dus à la circulation.

L'allure est assez rapide chez ces chevaux, qui trottent en moyenne à 14 kilomètres à l'heure.

EXAMEN DE LA RATION

Valeur énergétique.

Avoine	2.632×7	=	18.425 calories
Son mélassé	2.700		6.771 —
Foin	$2,500 \times 1980$	=	4.950 —
Soit			<u>30.146</u> calories

ÉTUDE DÉTAILLÉE DE LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE DU SON MÉLASSÉ

L'aliment considéré dans ce cas, reconnaît la composition suivante :

Son	50 %	Mélasse	50 %
---------------	------	-------------------	------

Si nous ramenons à la calorie, nous voyons que le travail automoteur, dans ce cas, équivaut à :

$$\frac{1.840.000}{425} = 4.330 \text{ calories.}$$

2° *Démarrages.* — La moyenne des cas nous permet d'évaluer à 70 le nombre d'arrêts chez les clients, plus 15 arrêts dans Paris dus à la circulation. Les démarrages se font à la vitesse du trot, soit 14 kilomètres à l'heure, ce qui ramène à 3 m. 8 la vitesse à la seconde.

La livraison se faisant dans un quartier bien déterminé, nous admettrons que la moitié des démarrages a lieu à pleine charge et l'autre moitié à vide.

Pour les démarrages ayant lieu à pleine charge (1.200 + 1.100), le travail nécessaire est de :

$$\frac{70 + 15}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{2.300}{9,81} \times (3,8)^2.$$

$$\text{soit : } 42 \times \frac{1}{2} \times \frac{2.300}{9,81} \times (3,8)^2.$$

Pour les démarrages ayant lieu à vide, c'est-à-dire avec 1.200 kilos de voiture, le travail est de :

$$42 \times \frac{1}{2} \times \frac{1.200}{9,81} = (3,8)^2.$$

Le travail total occasionné par les démarrages sera donc :

$$(42 \times \frac{1}{2} \times (3,8)^2 \times (\frac{1.200}{9,81} + \frac{2.300}{9,81})) = 106.134 \text{ kgm.}$$

$$\text{Soit } \frac{106.134}{425} = 249 \text{ cal. 1.}$$

3° *Travail dû au tirage de la voiture.* — Les chevaux parcourent 40 kilomètres par jour, soit 20 kilomètres à pleine charge (1.200 kilos de voiture + 1.100 de charge) et 20 kilomètres à vide (1.200 kilos).

Le tirage de la voiture et de la charge sur 20 kilomètres nécessite :

$$2.300 \times 0,03 \times 20.000.$$

Le tirage de la voiture vide sur 20 kilomètres nécessite :

$$1.200 \times 0,03 \times 20.000$$

Soit au total un travail de :

$$2.300 \times 0,03 \times 20.000 + 1.200 \times 0,03 \times 20.000.$$

Soit : 2.100.000 kilogrammètres.

Si l'on exprime en calories $\frac{2.100.000}{425} = 4.941$ calories.

Un attelage de deux chevaux dépense donc par jour :

Pour son entretien.	$19.094 \times 2 =$	38.188 calories
Pour son déplacement. . . .	$4.330 \times 2 =$	8.660 —
Pour les démarrages.		249 —
Tirage de la voiture.		4.941 —
		<u>52.038</u> calories

COMPARAISON ENTRE LA NOURRITURE REÇUE ET LE TRAVAIL FOURNI

Une flèche de 2 chevaux reçoit par jour :

$$30.146 \times 2 = 60.292 \text{ calories.}$$

De ces 60.292 calories, les chevaux n'utilisent que :

$$26.638 \times 2 = 53.276 \text{ calories.}$$

On voit donc qu'il y a un excès apparent de :

$60.292 - 52.118 = 8.224$ pour 2 chevaux et que cet excès se réduit à :

$$53.276 - 52.038 = 1.238 \text{ calories.}$$

Soit 619 calories par cheval.

OBSERVATION X

Les chevaux envisagés ici sont des gros demi-sang normands type grand carrossier ou cob.

Ces chevaux reçoivent journellement :

Avoine.	15 litres
Son mélassé.	2 kgr. 700
Foin.	3 kgr. 500

Nous avons ici affaire à des animaux de 500 kilos environ et faisant 1 m. 63 en moyenne au garrot.

Genre de travail. — Les chevaux sont attelés par paire et ont à tirer une voiture de 1.400 kilos.

La charge utile transportée est de 1.300 kilos.

Le chemin parcouru par jour est de 40 kilomètres. L'allure du trot est la seule employée pour ces attelages, qui marchent environ à 14 kilomètres à l'heure.

Le service est analogue à celui des petits demi-sang envisagé dans le cas précédent, c'est-à-dire un service de livraisons, service de petit détail, qui occasionne au moins 70 arrêts par jour, plus les arrêts de circulation dans Paris.

EXAMEN DE LA RATION

1^o Valeur énergétique

Avoine	7.5	× 2.632 =	19.741 calories
Foin	1.980	× 3.500 =	6.931 —
Son mélassé	2.508	× 2.700 =	6.771
Soit.			33.443 calories

Telle est la valeur énergétique de la ration.

De ces 33.443 calories, les chevaux ne peuvent rendre, sous forme de travail locomoteur, que :

$(19.741 \times 0,95) + (6.931 \times 0,7) + (2.100 \times 2,7) = 29.302$ calories, 0,95 et 0,7 étant les coefficients de productivité de l'avoine, du foin et 2.100 = nombre de calories utilisables dans 1 kilo de son mélassé. *

Pour son travail, le cheval ne dispose que de 29.302 calories.

Relation nutritive.

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{600}{4.215} + \frac{152,55}{625} + \frac{62,1}{812} + \frac{189}{1.505} = \frac{1.003}{7.157} \text{ soit } \frac{1}{7,1}$$

Ration d'entretien. — Nous avons ici à envisager des chevaux de 500 kilos et nous savons qu'il faut, pour leur strict entretien : 20.500 calories.

TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Ces demi-sang de 500 kilos, parcourent 40 kilomètres par jour au trot, ce qui représente un travail automoteur de :

$$\frac{10}{100} \times P \times L = \frac{10}{100} \times 500 \times 40.000 = 2.000.000 \text{ de kgm.}$$

Si l'on exprime ce travail en calories,

$$\frac{2.000.000}{425} = 4.695 \text{ calories.}$$

2° *Démarrages.* — Aux 70 arrêts nécessités par les livraisons, s'ajoutent les 15 arrêts qu'occasionne la circulation.

Les démarrages se font continuellement au trot; les chevaux doivent donc entraîner leur charge et l'amener à la vitesse de 14 kilomètres à l'heure, soit 3 m. 8 à la seconde.

De même que dans le cas précédent, nous admettons, pour la facilité des calculs, que la moitié des démarrages a lieu à vide et l'autre moitié à pleine charge.

Les démarrages ayant lieu à vide nécessitent :

$$42 \times \frac{1}{2} \times \frac{1.400}{9,81} \times (3,80)^2 \text{ kgm.}$$

Pour les démarrages à pleine charge, l'effort à fournir pour les 42 démarrages sera de :

$$42 \times \frac{1}{2} \frac{2.700}{9,81} \times (3,8)^2, \text{ exprimé en kilogrammètres.}$$

L'effort total pour les démarrages de la journée sera donc de :

$$42 \times \frac{1}{2} \left(\frac{2.700}{9,81} + \frac{1.400}{9,81} \right) (3,8)^2 = 124.328 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit, si l'on exprime en calories :

$$\frac{124.328}{425} = 291 \text{ cal. 8.}$$

3° *Travail dû au tirage de la voiture.* — Les attelages de 2 chevaux parcourent journellement 40 kilomètres, soit 20 kilomètres à pleine charge (1.400 kgm. de voiture et 1.300 de charge utile) et 20 kilomètres à vide (1.400 kgm.).

Le tirage de la voiture vide sur 20 kilomètres demande un travail de :

$$(20.000 \times 1.400 \times 0,03) \text{ kgm.}$$

Pour la traction de la voiture chargée, il faut dépenser (20.000 $\times$ 2.700 $\times$ 0,03) kilogrammètres.

Le travail total fourni par l'attelage sera donc de :

$$20.000 (2.700 + 1.400) \times 0,03 = 2.460.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit en calories :

$$\frac{2.460.000}{425} = 5.774 \text{ cal. 5.}$$

COMPARAISON ENTRE LA NOURRITURE ET LE TRAVAIL

Une flèche de 2 chevaux dépense par jour :

Pour son entretien.	20.500 $\times$ 2 =	41.000	calories
Travail automoteur	4.695 $\times$ 2 =	9.390	—
Pour les démarrages.		291,8	—
Pour le tirage de la voiture.		5.774,5	—
Soit		56.456,3	calories

Une flèche reçoit par jour :

$$33.443 \times 2 = 66.886 \text{ calories; il y a donc :}$$

$$66.886 - 56.456 = 10.430 \text{ calories en excès, soit :}$$

$$5.216 \text{ calories par cheval.}$$

Cet excès apparent de 5.218 calories se réduit, si l'on considère que sur les 66.886 calories reçues, les chevaux ne peuvent rendre sous forme de travail, que :

$$29.302 \times 2 = 58.604 \text{ calories.}$$

L'excès d'alimentation se réduit donc à :

$$58.604 - 56.456 = 2.148 \text{ calories,}$$

$$\text{soit en calories, par cheval : } \frac{2.148}{2} = 1.074.$$

OBSERVATION XI

Cette observation et les deux suivantes envisagent des chevaux perchérons.

Dans le cas traité présentement, les chevaux reçoivent comme ration :

Avoine.	18 litres
Son mélassé.	2 kgr. 500
Foin.	5 kgr.

Les chevaux pèsent environ 650 kilos et mesurent en moyenne 1 m. 65 au garrot.

Genre de travail. — Ces chevaux sont attelés seuls et ont à tirer une voiture pesant, à vide, 1.100 kilos.

La charge transportée est de 1.000 kilos environ.

Le chemin parcouru est de 32 à 35 kilomètres par jour, toujours au trot, c'est-à-dire approximativement à 14 kilomètres à l'heure.

Le service effectué est le même que dans les précédents, c'est-à-dire un service de livraisons rapides, qui occasionne, en moyenne 70 arrêts chez les clients.

EXAMEN DE LA RATION

1^o Valeur énergétique :

Avoine	2.632×9	$=$	23.690 calories
Son mélassé	$2.508 \times 2,500$	$=$	6.270 —
Foin	1.980×5	$=$	9.900 —
Soit.			<u>39.860</u> calories

Si la ration contient 39.860 calories, le cheval n'utilise de cette énergie que :

$$(23.690 \times 0,95) + (2.100 \times 2,5) + (9.900 \times 0,70) = 34.685 \text{ calories.}$$

Seules, 34.685 calories de la ration pourront être transformées en travail par le cheval.

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{720}{5.058} + \frac{270}{578,75} + \frac{141,25}{752,50} + \frac{57,50}{21,50} = \frac{1.188,75}{8.539} \text{ soit } \frac{1}{7,1}$$

Ration d'entretien. — Un cheval de 650 kilos demande pour son entretien, une ration :

$$R = \frac{20.500}{\sqrt[3]{500^2}} \times \sqrt[3]{650^2} = 24.417 \text{ calories.}$$

TRAVAIL

1^o *Travail automoteur.* — Les chevaux parcourent de 32 à 35 kilomètres par jour; nous prendrons en moyenne 34 kilomètres.

Le chemin est effectué au trot; le travail automoteur est de :

$$\frac{10}{100} \times P \times L = \frac{10}{100} \times 650 \times 34.000 = 2.210.000 \text{ kgm.}$$

Soit en calories :

$$\frac{2.210.000}{425} = 5.200 \text{ calories.}$$

2^o *Démarrages.* — Nous avons vu que ces chevaux s'arrêtent en moyenne 70 fois par jour chez les clients. Nous comptons toujours 15 arrêts pour la circulation dans Paris, ce qui les porte à 85 dans la journée.

Les démarrages se font toujours au trot, c'est-à-dire à la vitesse de 14 kilomètres à l'heure, soit 3 m. 80 à la seconde.

Nous admettons que la moitié des démarrages a lieu à vide et la moitié à pleine charge.

Le travail nécessaire pour effectuer les démarrages à vide sera de :

$$42 \times \frac{1}{2} \times \frac{1.100}{9,81} \times (3,80)^2 \text{ kgm.}$$

Pour les démarrages à charge pleine, le travail sera de :

$$42 \times \frac{1}{2} \times \frac{2.100}{9,81} \times (3,80)^2 \text{ kgm.}$$

L'effort total à dépenser dans la journée pour les démarrages, sera donc de :

$$42 \times \frac{1}{2} \left(\frac{2.100}{9,81} + \frac{1.100}{9,81} \right) \times (3,80)^2 = 97.036 \text{ kgm. 8.}$$

$$\text{Soit } \frac{97.036,8}{425} = \text{soit 227 calories.}$$

3^o *Travail dû au tirage de la voiture.* — Les attelages parcourent 34 kilomètres par jour, soit 17 à pleine charge et 17 à vide.

Le tirage de la voiture vide, sur 17 kilomètres nécessite une dépense de $(1.100 \times 17.000 \times 0,03) \text{ kgm.}$

Pour le tirage de la voiture chargée, il faudra dépenser : $(2.100 \times 0,03 \times 17.000) \text{ kgm.}$

Le travail fourni dans la journée sera donc :

$(1.100 + 2.100) \times 0,03 \times 17.000$, soit 1.632.000 kilogrammètres.

Si l'on exprime en calories, le travail fourni sera de :

$$\frac{1.632.000}{425} = 3.840 \text{ calories.}$$

COMPARAISON ENTRE LA NOURRITURE ET LE TRAVAIL

Un cheval dépense par jour :

Pour son entretien.	24.417 calories
Travail automoteur.	5.200 —
Pour les démarrages	227 —
Tirage de la voiture	3.840 —
Soit	33.684 calories

Le cheval reçoit tous les jours une ration qui lui fournit 39.860 calories. Il y a donc un excès de : 39.860 — 33.741 = 6.176 calories.

Le cheval n'utilisant réellement que 34.685 calories sur les 39.860 qui lui sont fournies, l'excès de ration est donc de :

$$34.865 - 33.684, \text{ soit } 1.161 \text{ calories.}$$

OBSERVATION XII

La ration donnée aux animaux considérés ici, est composée de la façon suivante :

Avoine.	18 litres
Son mélassé.	2 kgr. 500
Foin.	5 kgr.

La ration est donc la même que dans le cas précédent. Les chevaux sont d'ailleurs du même type; leur poids est en moyenne de 650 kilos.

Genre de travail. — Les chevaux attelés par deux, assurent le service des gares.

La voiture vide pèse 1.500 kilos et est chargée à 3.000 kilos.

Ces attelages parcourent environ 40 kilomètres par jour, tantôt au pas (soit environ 1 m. 50 à la seconde), tantôt au trot, approximativement à 12 km. 5 à l'heure soit 3 m. 50 à la seconde.

EXAMEN DE LA RATION

1° *Valeur énergitique.* — Nous savons que cette ration apporte au cheval 39.860 calories et que, seulement 34.685 calories sont transformables en travail (voir calculs effectués dans la XI^e observation).

2° *Relation nutritive.*

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{1}{7,1}.$$

3° *Ration d'entretien.* R = 24.417 calories.

TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Les chevaux effectuent 40 kilomètres par jour, dont 20 kilomètres au pas et 20 au trot.

Le travail automoteur sera donc égal à :

$$\frac{5}{100} \times 650 = 20.000 + \frac{10}{100} \times 650 \times 20.000$$

Soit 1.950.000 kilogrammètres.

$$\text{ou encore } \frac{1.950.000}{425} = 4.588 \text{ calories.}$$

2° *Démarrages.* — Ces attelages effectuent uniquement un service de camionnage; les arrêts sont donc peu nombreux et, par conséquent, ne nécessitent qu'un travail relativement faible et, par suite, négligeable.

3° *Tirage de la voiture.* — La moitié du chemin est parcouru à pleine charge (3.000 + 1.500) et l'autre moitié à vide (1.500 kgm.).

Le travail nécessaire est donc :

$4.500 \times 0,03 \times 20.000$ pour les 20 kilomètres à pleine charge,
et $1.500 \times 0,03 \times 20.000$ pour les 20 kilomètres à vide.

Ce qui fait un travail égal à :

$$20.000 (4.500 + 1.500) \times 0,03 = 3.600.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit en calories :

$$\frac{3.600.000}{425} = 8.470 \text{ calories.}$$

COMPARAISON ENTRE LE TRAVAIL FOURNI ET LA NOURRITURE

Une flèche de 2 chevaux dépense par jour :

Pour son entretien	$24.417 \times 2 =$	48.834 calories
Travail automateur	$4.588 \times 2 =$	9.176 —
Tirage de la voiture		8.470 —
Soit		<u>66.480</u> calories

Les 2 chevaux reçoivent par jour :

$$39.860 \times 2 = 79.720 \text{ calories.}$$

mais ne tirent parti que de : $34.685 \times 2 = 69.370$ calories.

Il y a donc un excès de :

$$79.720 - 66.480 = 13.240 \text{ calories.}$$

soit de 6.620 calories par cheval.

Cet excès se réduit en réalité à :

$$69.370 - 66.480 = 2.890 \text{ calories.}$$

Soit 1.445 calories par cheval.

OBSERVATION XIII

Les chevaux envisagés ici sont un peu moins lourds que précédemment et reçoivent la ration suivante ;

Avoine.	15 litres
Son mélassé.	2 kgr. 500
Foin.	5 kgr.

Les chevaux pèsent environ 600 kilos.

Genre de Travail. — Ces attelages effectuent un service de camionnage.

La voiture vide pèse 1.300 kilos et est chargée à 1.500 kilos environ.

Le chemin parcouru est d'environ 35 kilomètres par jour, moitié au pas, moitié au trot.

EXAMEN DE LA RATION

1^o Valeur énergétique.

Avoine	$2.632 \times 7,5 =$	19.740 calories
Son mélassé 2 kgr. 500 .	$(2.508 \times 2.500) =$	6.270 —
Foin	$1.980 \times 5 =$	9.900 —
Soit		35.910 calories

Seules sont utilisées par le cheval :

$$(19.740 \times 0,95) + (2.100 \times 2,5) + (9.900 \times 0,70) = 18.753 + 5.250 + 6.930,0 = 30.933 \text{ calories.}$$

2^o Relation nutritive.

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{600}{4.215} + \frac{57,5}{578,75} + \frac{141,25}{752,50} + \frac{270}{2.150} = \frac{1.068,75}{7.696} \text{ soit } \frac{1}{7}$$

3^o *Ration d'entretien.* — Une ration d'entretien pour un cheval de 600 kilos doit avoir la valeur suivante :

$$R = \frac{20.500}{\sqrt[3]{600^2}} \times \sqrt[3]{600^2} = 23.145, 7 \text{ calories.}$$

TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Les chevaux parcourent 35 kilomètres par jour, la moitié au trot (soit 18 km.), la moitié au pas (soit 18 km.).

Le travail automoteur sera donc égal à :

$$\frac{5}{100} \times 600 \times 18.000 + \frac{10}{100} \times 600 \times 18.000 = 1.620.000 \text{ kgm.}$$

Si nous exprimons ce travail en calories, nous aurons :

$$\text{Travail automoteur} = \frac{1.620.000}{425} = 3.811 \text{ calories.}$$

2° *Démarrages.* — De par la nature de leur service, ces attelages n'ont que très rarement à s'arrêter; le travail dû aux démarrages est donc relativement négligeable.

3° *Tirage de la voiture.* — La moitié du chemin est parcouru à pleine charge (1.500 + 1.300), l'autre moitié à vide (1.300).

Le travail effectué sera donc :

$$\text{D'une part : } 2.800 \times 0,03 \times 18.000$$

$$\text{D'autre part : } 1.300 \times 0,03 \times 18.000$$

$$\text{Soit : } (2.800 + 1.300) \times 0,03 \times 18.000 = 2.214.000 \text{ kgm.}$$

$$\text{Soit : } \frac{2.214.000}{425} \text{ soit } 5.210 \text{ calories.}$$

COMPARAISON ENTRE LE TRAVAIL ET LA NOURRITURE

Une flèche de 2 chevaux dépense par jour :

Pour son entretien	23.145 × 2 =	46.290 calories
Travail automoteur	3.811 × 2 =	7.622 —
Tirage de la voiture		5.210 —
Soit		59.122 calories

Les 2 chevaux reçoivent par jour :

$$35.910 \times 2 = 71.820 \text{ calories,}$$

d'où un excès de : $71.820 - 59.122$, soit 12.700 calories, soit 6.350 calories par cheval.

Comme les chevaux ne tirent parti que de :

$$30.933 \times 2 = 61.866 \text{ calories, l'excès par cheval est donc de :}$$

$$\frac{61.866 - 59.122}{2}$$

Soit 1.372 calories.

OBSERVATION XIV

Les chevaux considérés ici sont du type percheron, pèsent environ 650 kilos et mesurent 1 m. 68.

La ration journalière est composée de la façon suivante :

Avoine	9 kgr.
Paille mélassée.	1 —
Orge aplatie.	1 kgr. 500
Luzerne.	5 kgr.

Genre de travail. — Les chevaux effectuent un service type de petit détail.

Les chevaux sont attelés seuls et parcourent environ 16 kilomètres par jour au pas.

La voiture vide pèse 1.300 kilos et la charge utile est de 2.000 kilos.

Il faut compter une moyenne de 40 arrêts, tant chez les clients que par la circulation.

Nous considérerons que la moitié du parcours et des démarrages a lieu à pleine charge et l'autre moitié à vide.

EXAMEN DE LA RATION

1° Valeur énergétique.

Avoine	2.632 × 9	=	23.688 calories
Paille mélassée	1 kgr. (50 %) =		1.328 —
Orge	3.053 × 1,5	=	4.570 —
Luzerne	1.965 × 5	=	9.825 —
Valeur énergétique de la ration			<u>39.411 calories</u>

En tenant compte des coefficients de productivité de chaque aliment, la ration ne peut véritablement céder au cheval que :

$$(23.688 \times 0,95) + (1.328 \times 0,87) + (4.570 \times 0,97) + (9.825 \times 0,70) \\ 22.503,6 + 1.155 + 4.433 + 6.877,5 \\ \text{soit } 34.970 \text{ calories.}$$

2° Relation nutritive.

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{720}{5.058} + \frac{23}{301} + \frac{99}{640,5} + \frac{585}{1.815} = \frac{1.427}{7.814} \text{ soit } \frac{1}{5,5}$$

3° *Ration d'entretien.* — Le nombre de calories nécessaires à l'entretien d'un cheval de 650 kilos est égal à :

$$R = \frac{20.500 \times \sqrt{6.0^2}}{\sqrt{500^2}} = 24.417 \text{ calories.}$$

ÉTUDE DU TRAVAIL

1° *Travail automoteur.* — Les chevaux parcourent en moyenne 16 kilomètres par jour, à l'allure du pas; le travail fourni pour le déplacement du moteur lui-même, est donc :

$$\frac{5}{100} \times 650 \times 16.000 = 520.000 \text{ kilogrammètres.}$$

2° *Démarrages.* — Il y a 40 arrêts par jour. Si nous admettons que la moitié des démarrages se font à pleine charge et l'autre moitié à vide, nous avons, pour les démarrages à pleine charge, c'est-à-dire avec 3.300 kilos (voiture et charge utile), une dépense égale à :

$$20 \times \frac{1}{2} \frac{3.300}{9,81} \times (1,5)^2.$$

1 m. 5 étant la vitesse au pas du cheval, calculée en mètres seconde dans le cas des chevaux lourds.

Pour les démarrages à vide :

$$20 \times \frac{1}{2} \frac{1.300}{9,81} \times (1,5)^2.$$

Soit pour tous les démarrages :

$$10 \times (1,5)^2 \left(\frac{3.300}{9,81} + \frac{1.300}{9,81} \right) = 10.350 \text{ kilogrammètres.}$$

Tirage de la voiture. — Sur les 16 kilomètres, la moitié a lieu à pleine charge (3.300) et l'autre à vide (1.300 kilos, poids de la voiture); le travail nécessaire à fournir est donc :

$$1.300 \times 0,03 \times 8.000 + 3.300 \times 0,03 \times 8.000$$

soit $(3.300 + 1.300) 0,03 \times 8.000 = 1.104.000$ kilogrammètres.

La somme du travail automoteur des démarrages et du tirage de la voiture, est donc de :

$$520.000 + 10.350 + 1.104.000 = 1.634.350 \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{Soit en calories : } \frac{1.634.350}{425} = 3.845 \text{ calories.}$$

COMPARAISON DE L'ÉNERGIE REÇUE DE PAR L'ALIMENTATION ET DE L'ÉNERGIE DÉPENSÉE

Le cheval dépense :

Pour son entretien : 24.417 calories, auxquelles viennent s'ajouter 3.845 calories nécessaires au travail automoteur et au travail qui lui est demandé, soit une dépense totale de :

$$24.417 + 3.845 = 28.262 \text{ calories.}$$

Le cheval reçoit 39.411 calories; il y a donc un excès de $39.411 - 28.262 = 11.149$ calories.

Si l'on considère que la ration ne cède au cheval que 34.970 calories sur les 39.411 qu'elle renferme, on voit que cet excès de 11.149 calories se réduit à : $34.970 - 28.262 = 6.718$ calories.

OBSERVATION XV

Les chevaux considérés dans cette écurie sont en majeure partie des perchérons et il y a également quelques Ardennais.

Le poids moyen des chevaux est d'environ 650 kilos.

Les chevaux reçoivent par jour :

Avoine.	10 kgr.
Foin.	5 kgr.
Et de la paille.	

Genre de travail. — Nous avons ici à envisager un service de détail. Les chevaux attelés seuls, parcourent en moyenne 25 kilomètres par jour; le pas est la seule allure employée (soit environ 1 m. 60 à la seconde).

La voiture vide pèse 1.300 kilos; la charge transportée est généralement de 2.000 kilos.

Il faut compter une moyenne de 45 arrêts par jour, tant pour les livraisons que pour les arrêts dus à la circulation.

Les livraisons se faisant dans un quartier bien déterminé, nous admettrons que la moitié des démarrages et du parcours se fait à pleine charge et l'autre moitié à vide.

ÉTUDE DE LA RATION

1^o Valeur énergétique.

Avoine.	$2.632,6 \times 10 =$	26.326 calories
Foin.	$1.980 \times 5 =$	9.900 —
Soit		<u>36.226 calories</u>

Cette ration ne cède au cheval, si l'on fait intervenir les coefficients de productivité des aliments, que :

$26.326 \times 0,95 + 9.900 \times 0,70 = 25.010 + 6.930 = 31.940$ calories.

2° Relation nutritive.

$$\frac{M A z}{M n A z} = \frac{800}{5.620} + \frac{270}{2.150} = \frac{1.070}{7.770} \text{ soit } \frac{1}{7,2}$$

3° Ration d'entretien. — La ration d'entretien est donnée par la formule :

$$R = \frac{20.500 \times \sqrt{650^2}}{\sqrt[3]{500}} \text{ soit } 24.417 \text{ calories.}$$

ÉTUDE DU TRAVAIL

1° Travail automoteur. — Pour son déplacement, le cheval doit dépenser pour 25 kilomètres, si le chemin est parcouru au pas, un nombre de calories égal à :

$$A = \frac{5}{100} \times 650 \times 25.000 = 520.000 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit : 1.223 calories.

2° Démarrages. — Les chevaux démarrent 45 fois par jour, soit 22 fois à vide et 22 fois à pleine charge.

Le travail nécessaire à fournir est donc :

$$22 \times \frac{1}{2} \frac{3.300}{9,81} (1,6)^2 + 22 \times \frac{1}{2} \frac{1.300}{9,81} (1,6)^2.$$

$$\text{Soit } 11 \left(\frac{3.300 + 1.300}{9,81} \right) (1,6)^2 = 12.952 \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{Soit } \frac{12.952}{425} = 30 \text{ calories.}$$

3° Tirage de la voiture. — Sur les 25 kilomètres parcourus dans la journée, 12 km. 5 sont parcourus à pleine charge, et 12 km. 5 à vide.

Le travail est donc :

$3.300 \times 0,03 \times 12.500 + 1.300 \times 0,03 \times 12.500 = 1.725.000$
kilogrammètres.

Soit : 4.060 *calories*.

COMPARAISON ENTRE L'ALIMENTATION ET LE TRAVAIL

Un cheval reçoit par jour 36.226 calories et dépense :

Pour son entretien.	24.417 calories
Travail automoteur.	1.223 —
Démarrages.	30 —
Tirage de la voiture	4.060 —
Soit	<u>29.730 calories</u>

La ration fournit 36.226 calories par jour; il y a donc un excès de 36.226 — 29.730, soit 6.496 *calories*.

Mais, comme la ration ne cède que 31.940 calories au cheval, l'excès est de 31.940 — 27.930 = 2.210 calories par jour

CONCLUSIONS

Il est différents points qui se dégagent de suite des observations pratiques mentionnées au cours de cette étude sur l'alimentation et le travail du cheval.

1° Il y a lieu de remarquer tout d'abord, que dans tous les cas, il y a un certain excès de nourriture par rapport au travail produit.

Si nous considérons le rapport entre l'excédent réel de calories (c'est-à-dire la différence entre le nombre de calories que la ration cède au cheval, compte tenu des coefficients de productivité des aliments et le nombre de calories dépensées par l'animal) et le nombre de calories que contient la ration, nous voyons que :

Dans la 1 ^{re} observ., l'excès est de			$\frac{1.720}{34.916}$	soit 5 %	de la ration.
—	2 ^e	—	$\frac{2.000}{34.916}$	— 6 %	—
—	3 ^e	—	$\frac{7.067}{40.180}$	— 17 %	—
—	4 ^e	—	$\frac{1.556}{42.385}$	— 2,5 %	—
—	5 ^e	—	$\frac{1.756}{42.385}$	— 2,5 %	—
—	6 ^e	—	$\frac{1.587}{36.244}$	— 4 %	—

—	7 ^e	—	—	$\frac{1.225}{33.612}$	—	3 %	—
—	8 ^e	—	—	$\frac{1.069}{33.612}$	—	2,1 %	—
—	9 ^e	—	—	$\frac{619}{30.146}$	—	2 %	—
—	10 ^e	—	—	$\frac{1.074}{33.443}$	—	3,5 %	—
—	11 ^e	—	—	$\frac{1.161}{39.860}$	—	2,9 %	—
—	12 ^e	—	—	$\frac{1.445}{39.860}$	—	3,6 %	—
—	13 ^e	—	—	$\frac{1.372}{35.910}$	—	5 %	—
—	14 ^e	—	—	$\frac{6.718}{39.411}$	—	18 %	—
—	15 ^e	—	—	$\frac{2.210}{36.226}$	—	5 %	—

Nous voyons donc que, sauf deux cas dans lesquels l'excès atteint 17 % et 18 %, la moyenne de l'excès de nourriture reçu par les chevaux est de 2 % à 5 %.

Cet excès est relativement faible et montre que, d'une façon générale, les chevaux sont bien exploités.

Pourrait-on encore améliorer cette exploitation? Il semble que oui, puisqu'il y a excès.

Cependant, nous devons considérer que l'on a affaire à des animaux, par conséquent à des êtres vivants, que l'on ne peut prétendre régler, ni exploiter comme une mécanique.

D'autre part, les coefficients que l'on emploie, la valeur alimentaire des aliments que nous calculons, sont autant

de sujets d'erreurs, qui se compensent, il est vrai, partiellement, mais qui subsistent tout de même en partie.

Même, si nous admettons l'idée d'excès de nourriture, il est intéressant de voir qu'elle économie on pourrait réaliser en supprimant cet excès. Des renseignements supplémentaires pris dans les exploitations que nous avons visitées, nous ont permis d'établir que si nous représentons par « 100 » les frais que supporte par jour un cheval (pour son amortissement, sa nourriture, les frais de vétérinaires et de maréchaux, les assurances, salaire du charretier, amortissement de la voiture et part de loyer), la nourriture représente « 20 ».

Si, sur la nourriture qui représente le $\frac{1}{5}$ des frais journaliers supportés par un cheval, nous économisons de 2 % à 5 % en supprimant l'excès, nous économiserons, sur les frais, de 0,4 à 1 %, ce qui est inappréciable, et ne serait-il pas dangereux ou tout au moins préjudiciable pour la santé des animaux, que de tenter cette économie relativement faible?

Nous considérons personnellement, qu'il ne faut pas chercher l'économie par ce moyen, et s'il existe un excès dans les calculs, nous croyons qu'il est plus sage d'en chercher la cause dans le degré approximatif des coefficients et, par conséquent, des calculs dans lesquels ils interviennent ou, si on le préfère, admettre cet excès comme normal et le considérer comme un « indosé ».

Il est évident que dans les deux cas où les excès atteignent 17 % et 15 %, il y aurait avantage économique à modifier la ration, ces excès étant superflus, puisque dans la majorité des cas, un excédent de 2 % à 5 % suffit à entretenir les chevaux en bonne condition de travail.

2° Si nous considérons la composition de la ration, nous voyons que dans la majorité des cas, la relation nutritive

est voisine de 1 / 7 rapport généralement admis dans le cas des chevaux de trait.

Dans les 4^e et 5^e observations, ce rapport nutritif est de 1 / 5 de même, pour la 14^e observation, cette relation semble être un peu étroite et la ration pourrait être modifiée dans ce sens et devenir un peu plus économique.

3^o En examinant la composition des rations on remarque que seule la mélasse est employée dans les substitutions alimentaires comme succédané de l'avoine et, dans une seule observation, nous voyons entrer l'orge dans la composition de la ration.

4^o Il est intéressant et à la fois curieux de remarquer que, dans une même exploitation, une partie de la cavalerie est exploitée d'une façon rationnelle, avec un excès de 6 % alors que l'autre partie de la cavalerie a un excès de ration égal à 17 % de celle-ci.

Il se dégage de ce fait, qu'une économie sensible pourrait être réalisée sur l'ensemble d'une cavalerie de l'importance de celle qui est envisagée dans les 2^e et 3^e observations.

5^o Si l'on examine le travail journalier du cheval, on constate la part relativement faible que représentent les démarrages, même si nous prenons la 9^e observation, où des petits demi-sang de 450 kilos démarrent environ quatre-vingt-cinq fois par jour, à l'allure du trot; alors que le travail utile fourni est de 2.206.600 kilogrammètres, les démarrages ne représentent que les 106.000 kilogrammètres.

Il faut considérer, cependant que ces 106.000 kilogrammètres sont fournis dans un espace de temps très court, pendant lequel les chevaux fournissent un effort voisin de leur capacité maximum, ce qui fatigue les chevaux.

Car, si dans le démarrage, nous connaissons le facteur dynamique nous ne connaissons pas le facteur physiologique et nerveux qui fait que le démarrage est toujours un

travail pénible pour le cheval et qui doit avoir sa place dans la fatigue de l'animal.

6° Nous avons été également frappés de ce fait, que la traction élastique n'est pas employée dans les exploitations que nous avons visitées, tout au plus avons-nous constaté dans un cas que les palonniers étaient souples et servaient d'intermédiaire élastique entre le cheval et la charge, il y aurait cependant un net avantage à employer la traction élastique les expériences faites à ce sujet étant nombreuses et toutes également positives.

7° Quel est le rendement du cheval en tant que moteur?

Pour cela il nous faut considérer le travail fourni par le cheval (Démarrage et tirage de la voiture) d'une part et d'autre part, l'énergie totale absorbées par l'animal.

Ce rapport s'établit de la façon suivante.

Dans la	1 ^{re}	observation,	rendement	$\frac{3.137}{34.916}$	soit 10 %.
—	2 ^e	—	—	$\frac{3.865}{34.916}$	— 11 %.
—	3 ^e	—	—	$\frac{4.420}{40.180}$	— 10,5 %.
—	4 ^e	—	—	$\frac{4.965}{42.385}$	— 11 %.
—	5 ^e	—	—	$\frac{4.265}{42.385}$	— 10 %.
—	6 ^e	—	—	$\frac{2.823}{36.244}$	— 8 %.
—	7 ^e	—	—	$\frac{2.570}{33.612}$	— 7,4 %.
—	8 ^e	—	—	$\frac{3.353}{33.612}$	— 10 %.

—	9 ^e	—	—	$\frac{2.645}{30.146}$	—	8,7 %.
—	10 ^e	—	—	$\frac{3.023}{33.443}$	—	8,9 %.
—	11 ^e	—	—	$\frac{4.067}{39.860}$	—	10 %.
—	12 ^e	—	—	$\frac{4.235}{39.860}$	—	10,5 %.
—	13 ^e	—	—	$\frac{2.605}{35.910}$	—	8 %.
—	14 ^e	—	—	$\frac{2.620}{39.411}$	—	7,5 %.
—	15 ^e	—	—	$\frac{4.090}{36.226}$	—	11 %.

Si nous considérons que, dans les 6^e, 7^e, 9^e, 10^e et 11^e observations le trot est l'allure employée normalement par les chevaux et que dans les autres observations l'allure normale est le pas ou pas et trot alternativement nous voyons que dans les cas où seul le trot est employé, le rendement est au-dessous de 10 % alors que dans les autres cas ce rendement est voisin de 11 %.

D'autres facteurs sont également à envisager pour obtenir un bon rendement du cheval moteur et plus particulièrement, c'est d'employer un animal qui par son format et sa puissance corresponde bien au service qu'on attend de lui, car il est bien évident qu'un cheval trop fort pour un service aura un moins bon rendement qu'un cheval bien adapté, étant donné que pour un même travail, il faudra nourrir beaucoup plus le gros cheval qui a des besoins plus considérables qu'un animal plus réduit comme format, c'est ainsi que l'on constate dans la 14^e observation

que des gros chevaux pesant 650 kilos et recevant une forte ration alors que le travail exigé d'eux est relativement faible, n'ont qu'un rendement de 7,5 % le travail ayant lieu au pas; il y aurait donc lieu de modifier à la fois et la ration et le format des chevaux si l'on veut obtenir un meilleur rendement de la cavalerie.

En résumé, nous voyons, que sauf, dans quelques cas, l'exploitation de la cavalerie a lieu dans de bonnes conditions économiques, et que la ration est bien composée quant au rapport nutritif et que, si les démarrages fatiguent les chevaux c'est parce que pendant un certain temps, ceux-ci atteignent ou presque leur débit kilogrammétrique maximum, ce qui n'est pas une condition favorable pour le rendement optimum des chevaux.

Il est également intéressant de souligner que les substitutions alimentaires ne sont pas nombreuses dans l'alimentation du cheval.

Vu : le Président de la thèse,

GOSSET

Vu : le Doyen,

H. ROGER

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris.

CHARLÉTY

BIBLIOGRAPHIE

1. Rapport général sur les expériences d'alimentation et les substitutions à opérer dans la ration. Lavalard, 1880.
2. Recherches sur la valeur alimentaire du foin. Müntz et Girard, 1882.
3. Recherches sur l'alimentation et sur la production du travail. Müntz, 1880-1885.
4. Alimentation du bétail. Crevat, 1885.
5. Zootechnie générale (Cornevin), chapitre : Production du travail (Baron, 1890).
6. Études expérimentales sur l'alimentation du cheval de trait. Grandeau-Leclerc et Ballacey, 1893.
7. Études expérimentales sur l'alimentation du cheval de trait. Grandeau-Ballacey, 1893.
8. Le cheval dans ses rapports avec l'économie rurale et les industries de transport. Lavalard, 1894.
9. Vingt années d'expériences sur l'alimentation du cheval de trait. Études sur les rations d'entretien, de marche et de travail. Grandeau et Alekan (avec la collaboration de Leclerc et Ballacey), 1904.
10. Chevaux et voitures d'artillerie. Machart, 1913.
11. Zootechnie générale. Dechambre, 1914.
12. Le Cheval de Mine. *Thèse pour le doctorat vétérinaire* (Coton, 1926.)
13. Alimentation rationnelle du bétail d'après la méthode des équivalents fourrages (J.-B. Lucas-André, M. Leroy), 1926.
14. La traction hippomobile. Lagaillarde (*Thèse pour le doctorat vétérinaire*, 1927).

15. L'utilisation et l'alimentation rationnelle du cheval (1927).
Tome I : Rapports présentés au congrès de l'utilisation rationnelle du cheval.
Tome II : Compte-rendu des séances du congrès.
16. L'utilisation rationnelle du cheval tracteur, par rapport à la traction mécanique.
La traction commerciale. Darly, 1927.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.	7
I. — ALIMENTATION RATIONNELLE DU CHEVAL.	9
La Ration. Le Rationnement.	12
Le coefficient de productivité.	14
II. — LE TRAVAIL. DÉFINITION DU TRAVAIL.	23
Le travail automoteur.	23
Le démarrage	25
Tirage de la voiture, coefficient de tirage.	32
Exemple	35
Observation I.	40
Observation II	42
Observation III.	46
Observation IV.	49
Observation V.	51
Observation VI.	53
Observation VII.	55
Observation VIII.	58
Observation IX.	61
Observation X.	66
Observation XI.	69
Observation XII.	72
Observation XIII.	74
Observation XIV.	77
Observation XV.	80
CONCLUSIONS	83

